Zum fünfzigjährigen Bestehen
der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · A. BUTENANDT · C. W. CORRENS
H. J. DEUTICKE · R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · A. KÜHN
H. MARTIUS · R. W. POHL · W. WEIDEL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

48. JAHRGANG | HEFT 1 (ERSTES JANUARHEFT) | 1961

INHALT

AUFSÄTZE

Seite

Zum 11. Januar 1961, dem 50. Geburtstag der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Von A. BUTENANDT 1

50 Jahre physikalische Grundlagenforschung in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft. Von L. BIERMANN 2

Genetik und biochemische Genetik in den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft. Von H. FRIEDRICH-FREKSA 10

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN

Durch Elektrolyse bedingte Brechungsindexänderungen in Quarzplatten. Von H. H. PFENNINGER und F. LAVES . . 22

Defektkanäle in der optischen Achse von Quarzkristallen. Von H. H. PFENNINGER und F. LAVES 23

Die Bestimmung der Empfindlichkeitsverteilung in photographischen Emulsionen. Von E. KLEIN und E. MOISAR . . 23

Ultrarotabsorption des Kupferoxyduls (Cu_2O). Von H. FICKELSCHER und W. ZUKALE 24

Zur Korundstruktur. Von H. SAALFELD 24

Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der metamikten Minerale der Euxenitgruppe. Von B. BECK 24

Optische und röntgenographische Konstanten des N-Methylcarbaminsäurephenylesters $C_8H_9O_2N$. Von A. SCHRÖDER und K. OLSEN 25

Reaktion von S_4N_4 mit PCl_5 zu NP_3Cl_7. Von O. GLEMSER und E. WYSZOMIRSKI 25

Die Hemmwirkung von Serum tumortragender Tiere auf Organkulturen. Von H. WRBA und H. RABES 25

Die Sensibilisierung von Tuberkelbakterien gegen Tuberkulostatika. Von G. GILLISSEN und W. STORBECK 26

Vier Virusarten als Ursache der Flavescence dorée der Rebe. Von G. OCHS 26

Seite

Über geschlechtsgebundene Unterschiede im Auxin-Gehalt diözischer Hanfpflanzen. Von K. CONRAD und K. MOTHES . 26

Über die Konzentration von Kynurenin und Hydroxy-Kynurenin während der Entwicklung bei den Genotypen ra^+ und *ra* von *Plodia interpunctella*. Von F. FERRAND DE ALMEIDA . 27

Autogenese oder Orthoselektion in der Evolution der *Dryops*-Arten (Dryopidae, Coleoptera)? Von A. W. STEFFAN . . . 28

Das Wandern des Aktivitätsmaximums im BR_4-Locus von *Acricotopus lucidus* als Modell für die Wirkungsweise eines komplexen Locus. Von F. MECHELKE 29

Reaktionen von *Vespa germanica* F. gegenüber starken elektrischen Feldern. Von J. O. HÜSING, F. STRUSS und W. WEIDE 30

BESPRECHUNGEN

W. BLASCHKE und H. REICHARDT, Einführung in die Differentialgeometrie. (Ref.: W. KLINGENBERG) 30

E. BODEWIG, Matrix Calculus. (Ref.: W. KLINGENBERG) . . . 30

A. KÖNIG und H. KÖHLER, Die Fernrohre und Entfernungsmesser. (Ref.: H. ELSÄSSER) 30

K. L. WOLF, Physik und Chemie der Grenzflächen. Bd. 2. (Ref.: B. HONIGMANN) 31

G. JOOS, Lehrbuch der theoretischen Physik. (Ref.: H. STEINWEDEL) 31

Methods of Experimental Physics. Vol. 6: Solid State Physics. Hrsg. von K. LARK-HOROVITZ und V. A. JAHNSON. (Ref.: O. MADELUNG) 31

H. PREUSS, Integraltafeln zur Quantenchemie. Bd. 4. (Ref.: F. SAUTER) 32

Handbuch der Pflanzenphysiologie. Hrsg. von W. RUHLAND. Bd. XVII: Physiologie der Bewegungen. Teil 1. (Ref.: D. v. DENFFER) 32

Berichtigung 32

1 Z 5113 D

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Euchen*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein*, *V. Meyer*, *B. Schwalbe*, *W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung und jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Für Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 12.— DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet. Mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag geht das Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder einschließlich des Rechts der photomechanischen Wiedergabe oder einer sonstigen Vervielfältigung an den Verlag über. Jedoch wird gewerblichen Unternehmen für den innerbetrieblichen Gebrauch nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels e.V. und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens die Anfertigung einer photomechanischen Vervielfältigung gestattet. Wenn für diese Zeitschrift kein Pauschalabkommen mit dem Verlag vereinbart worden ist, ist eine Wertmarke im Betrage von DM 0.30 pro Seite zu verwenden. *Der Verlag läßt diese Beträge den Autorenverbänden zufließen.*

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anschrift der Redaktion:
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, Fernsprecher 830301; Fernschreibnummer 01-83319) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Redaktionelle Hinweise

I. Allgemeines

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen engbegrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z.B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterungen des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Fotografische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildung von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Besprechungsexemplaren abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die gegebenenfalls dann ein Exemplar anfordern wird. Für die Rückgabe unverlangter Besprechungsexemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

GERTHSEN / POLLERMANN

Einführung in das Physikalische Praktikum

für Mediziner und zum Studium der Physik als Nebenfach

Dritte, erweiterte Auflage

Von Dr. rer. nat. MAX POLLERMANN,
apl. Professor an der Technischen Hochschule München
Mit 152 Abbildungen. VIII, 139 Seiten 8°. 1960. DM 9,80

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

48. Jahrgang Heft 1 (Erstes Januarheft) 1961

Zum 11. Januar 1961, dem 50. Geburtstag der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft

Am 11. Januar 1961 jährt sich zum 50. Male der Tag, an dem die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Berlin gegründet wurde. Die Gesellschaft als solche existiert nicht mehr; am 21. Juni 1960, $^1/_2$ Jahr vor ihrem 50. Geburtstag, wurde sie an ihrem Gründungsort endgültig liquidiert. Es war ein schmerzliches Ereignis für alle alten Freunde und Verehrer der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, aber nach außen trat es nur wenig zutage. Seit Gründung der Max-Planck-Gesellschaft im Februar 1948, die in den Jahren 1948 bis 1953 die früheren Kaiser-Wilhelm-Institute und deren Vermögenswerte übernahm und die unter der Präsidentschaft von Otto Hahn sich mit großem Erfolg bemühte, die Tradition der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zu erhalten, zu pflegen und fortzuentwickeln, ist in weiten Kreisen die Erinnerung an die alte Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft immer mehr verblaßt, und nur wenige wußten, daß sie in juristischem Sinne noch existierte. In der Tat hat sie ihr eigenes Leben mit dem Ausgang des Krieges allmählich eingebüßt. Zwar wurde ein Beschluß der Alliierten aus dem Jahre 1945, die Gesellschaft aufzulösen, nicht ratifiziert und daher nicht durchgeführt, aber die Aufteilung Deutschlands in Besatzungszonen und die dadurch bedingte Trennung der auf alle Zonen verteilten Kaiser-Wilhelm-Institute voneinander sowie die unterschiedliche Betreuung der Institute innerhalb der Zonen erschwerten ein gemeinsames Leben.

Dennoch: der Gedanke der Zusammengehörigkeit der Institute verkörperte sich in der Person des greisen Max Planck, der nach dem Kriege die Geschäfte des Präsidenten bis zu einer möglichen Neuwahl wieder übernahm; ihm stand sein langjähriger Mitarbeiter Ernst Telschow als Geschäftsführender Vorstand der Gesellschaft in Göttingen zur Seite. Damit war es möglich, die Zukunft der Gesellschaft zu klären und eine Neuorganisation anzustreben. Diese gelang unter Otto Hahn und wurde mit der Gründung der Max-Planck-Gesellschaft am 26. Februar 1948 eingeleitet. Heute dürfen wir dankbar und stolz feststellen, daß es der neuen Gesellschaft gelungen ist, die Tradition der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft ganz zu übernehmen, so daß man sie gar nicht als etwas Neues, sondern nur als Fortsetzung der im Jahre 1911 gegründeten Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft empfindet. In diesem Sinne dürfen wir sagen, daß die ehemalige Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft noch lebt. Darum gedenken wir ihres 50. Geburtstages!

Das soll in dieser Zeitschrift, dem Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, in der Weise geschehen, daß in zwei repräsentativen Aufsätzen von der wissenschaftlichen Arbeit unserer Institute beispielhaft und in ihrer Wechselwirkung mit den Ergebnissen internationaler Forschung berichtet wird. Wir wählten Themen aus den Gebieten der Physik und der Genetik; sie stehen als Teile für das Ganze und sollen gelegentlich durch Einblicke in die Entwicklung anderer Forschungsgebiete ergänzt werden.

Die Idee, die zur Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft führte, ist in der berühmten Denkschrift Adolf von Harnacks vom 21. November 1909 niedergelegt; sie geht letztlich auf Wilhelm von Humboldt zurück, nach dem „der vollständige und sichere Betrieb der Wissenschaften Akademien, Universitäten und relativ selbständige Forschungsinstitute bedarf" (Harnack). Diese Idee hat sich durch die Entwicklung der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft als richtig und noch immer gültig erwiesen. Sie überlebte die großen politischen Wandlungen der Jahre 1918, 1933 und 1945. Wir zweifeln nicht an ihrer Tragfähigkeit in der Zukunft. Der 50. Geburtstag unserer Gesellschaft fällt in eine Zeit, in der mit den Empfehlungen des Deutschen Wissenschaftsrates zum Ausbau der Wissenschaftlichen Hochschulen und deren Neugestaltung ein höchst bedeutsamer und begrüßenswerter kultur- und wissenschaftspolitischer Umbruch eingeleitet wird, der nicht ohne positive Rückwirkung auf die Aufgaben der Max-Planck-Gesellschaft bleiben wird. Möge sie sich Seite an Seite mit unseren Hohen Schulen und Akademien immer den Forderungen der Zeit gewachsen zeigen!

Adolf Butenandt
Präsident der Max-Planck-Gesellschaft

50 Jahre physikalische Grundlagenforschung in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft

Von L. BIERMANN, München

Die Zeit der Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und der Errichtung der ersten Kaiser-Wilhelm-Institute fällt zusammen mit einem sehr wichtigen Abschnitt in der Entwicklung der Physik: In den gleichen Jahren 1911 bis 1913 wurde das Rutherford-Bohrsche Atommodell aufgestellt, das zum ersten Mal ein anschauliches Bild vom Aufbau der Elektronenhüllen des Atoms und den Größenverhältnissen der Atomkerne gab. Gleichzeitig erlaubten die Messungen der Röntgenspektren (MOSELEY) die Bestimmung der elektrischen Ladung des Kerns und damit ihrer Ordnungszahl im Sinne der Chemie, und die Existenz der Isotope sowie die annähernde Ganzzahligkeit ihrer Atomgewichte — im Gegensatz zu der Nichtganzzahligkeit der natürlichen Atomgewichte — wurde erstmalig erkannt. Für die Interpretation dieser Messungen war schließlich von großer Bedeutung, daß es M. v. LAUE eben (1912) gelungen war, die Natur der Röntgenstrahlung als einer sehr kurzwelligen Art elektromagnetischer Strahlung sicherzustellen.

Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik bestand zunächst, d.h. während der Jahre um 1920, nur als eine Vorform der späteren Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die Direktoren A. EINSTEIN und M. v. LAUE verteilten aus einem ihnen zur Verfügung stehenden Fonds Mittel, um Forschungsvorhaben an physikalischen Universitätsinstituten zu unterstützen. Dagegen wurden, obwohl dies damals kaum vorhergesehen werden konnte, die Arbeiten an den Abteilungen HAHN und MEITNER im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie von besonderer Tragweite für die spätere Entwicklung der Physik. Ferner nahm 1925 das Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung unter PRANDTL seine Arbeiten auf, von denen einige auch für die Grundlagenforschung in anderen Gebieten der Physik wichtig wurden. Daher soll aus dieser ersten Phase, die etwa bis in die Mitte der dreißiger Jahre reicht, vor allem von Arbeiten im Institut für Chemie und im Institut für Strömungsforschung die Rede sein. Auch am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie und Elektrochemie, von seiner Gründung bis 1933 von F. HABER geleitet, wurden aber während zweier kürzerer Perioden — um 1919 und um 1928 — Themen bearbeitet, welche im Zusammenhang mit der Entwicklung der Physik allgemeinere Bedeutung beanspruchen. Über diese soll als erstes gesprochen werden.

Nach der Aufstellung der Bohrschen Theorie der Atomhüllen, die sich zunächst fast ausschließlich auf die spektroskopischen Befunde stützte, war es eine wichtige Aufgabe, die Existenz der diskreten Energieniveaus unabhängig zu verifizieren. Dies geschah vor allem durch die seit 1913 durchgeführten Versuche von J. FRANCK, der vor seiner Berufung nach Göttingen im Jahre 1920 eine Abteilung am Haberschen Institut leitete, und von G. HERTZ. Diese Forscher studierten die Anregung des höheren Niveaus durch Elektronenstoß. FRANCK und HERTZ wurden ja später für diese zunächst gemeinsam durchgeführten Arbeiten zusammen ausgezeichnet. Hierbei handelte es sich um den Nachweis, daß ganz bestimmte Mindest-Energien notwendig sind, um die verschiedenen Energieniveaus, deren die Elektronenhülle eines Atoms fähig ist, durch den Stoß von Elektronen, denen durch elektrische Felder genau bekannte kinetische Energien mitgeteilt werden, zu erreichen. Durch diese Versuche wurde also die Tatsache, daß es sich um diskrete Niveaus handelt, eindeutig bewiesen, und die quantentheoretische Deutung der Atomspektren im Sinne der Bohrschen Theorie auf eine sichere Grundlage gestellt. — Einige Jahre später, nach der Entdeckung der Quantenmechanik und der Wellenmechanik, hatten sich theoretische Gründe für die Voraussage ergeben, daß der natürliche molekulare Wasserstoff in zwei verschiedenen Modifikationen existieren sollte, die sich durch die gegenseitige Orientierung des Eigendralls der beiden Protonen unterscheiden sollten; der resultierende Unterschied der Bindungsenergie im tiefsten Quantenzustand sollte allerdings nur ganz geringfügig sein. Die Darstellung dieser beiden Modifikationen, die dann den Namen Ortho- und Parawasserstoff erhielten, gelang 1932 K.F. BONHOEFFER und P. HARTECK im Haberschen Institut — gleichzeitig übrigens auch A. EUCKEN und K. CLUSIUS. Diese Versuche mußten bei tiefen Temperaturen angestellt werden, um den geringen energetischen Unterschied der Zustände tiefster Energie sich auswirken lassen zu können. Ihre besondere Bedeutung in der Entwicklung der Quantentheorie besteht darin, daß es sich hier um eines der Probleme handelt, die im Rahmen der Bohrschen Theorie keiner Erklärung zugänglich waren. Auch die Form der Molekül-Bindungsenergie, die bei derartigen Molekülen zur Auswirkung kommt, die sog. Austauschenergie, ergab sich erst als Konsequenz der Formulierungen, die der Quantenmechanik eigentümlich sind.

Wir kehren nun zu dem Zeitpunkt der Gründung des Instituts für Chemie zurück. Eine erste Aufgabe, die von OTTO HAHN, LISE MEITNER und ihren Mitarbeitern intensiv bearbeitet wurde, war die Vervollständigung der Kenntnis der radioaktiven Umwandlungsreihen, welche die erste empirische Grundlage der späteren Kernphysik bildete. Die Folge der Kernumwandlungen in der Uran-Reihe und in der Thorium-Reihe war bereits im wesentlichen bekannt, dagegen war noch unklar, ob und wie die Actinium-Reihe, die dritte der natürlichen radioaktiven Umwandlungsreihen, mit den anderen beiden zusammenhing. Viel sprach dafür, daß das Actinium, dessen Ordnungszahl 89 ist, irgendwie mit einem Uran (Ordnungszahl 92) zusammenhing. Nach den damals bereits bekannten Gesetzmäßigkeiten der radioaktiven Umwandlungen konnte es z.B. aus einer Substanz der Ordnungszahl 91 durch Aussendung eines α-Teilchens entstanden sein; in diesem Fall mußte das Element in seinen chemischen Eigenschaften dem Tantal ähnlich sein.

Nach durch den Krieg teilweise unterbrochenen Bemühungen gelang schließlich 1917 eine chemische Darstellung der gesuchten Substanz, die den Namen

Protactinium erhielt und deren Halbwertszeit von HAHN und WALLING zunächst auf 20000 Jahre, später genauer von L. v. GROSSE auf 32000 Jahre bestimmt wurde. Nach seinem Atomgewicht mußte es aus einem Uranisotop der Masse 235 entstehen, das nur zu weniger als 1% im natürlichen Uran enthalten ist, aber aus mehreren Gründen besonderes Interesse beansprucht. So kann man die Zerfallszeiten von Uran 235 und Uran 238 benutzen, um nach einem 1938 von W. WEFELMEIER (im späteren Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik) formulierten Argument auszurechnen, vor wieviel Jahren das schneller zerfallende Uran 235 ebenso häufig gewesen sein müßte wie das Uran 238. Da nach allem, was wir heute über die Entstehung der schwereren Elemente wissen, das Uran 235 höchstens in etwa derselben Häufigkeit entstanden sein kann wie das Uran 238, wird damit eine obere Grenze (von etwa 6 Milliarden Jahren) für das Alter unseres Sonnensystems gewonnen. Das Alter irdischer Mineralien oder von Meteoriten läßt sich durch Vergleich der Häufigkeiten der Endprodukte radioaktiven Zerfalls mit ihren Muttersubstanzen finden. Solche Bestimmungen nach der „Strontium-Methode", bei der das durch radioaktiven Zerfall aus Rubidium entstehende Strontiumisotop gemessen wird, sind in Dahlem von HAHN, WALLING, STRASSMANN und MATTAUCH durchgeführt worden, an Meteoriten nach anderen Methoden auch von PANETH, der nach dem Kriege einige Zeit am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz arbeitete. Die massenspektroskopische Untersuchung geschah mit dem von MATTAUCH schon in Wien entwickelten doppelfokussierenden Massenspektrographen, der die Massen isotoper Atomarten mit höchster Präzision zu bestimmen gestattet. Solche Bestimmungen, die eine der wichtigsten experimentellen Grundlagen der Kernphysik sind, bilden auch nach dem Kriege eines der Hauptarbeitsgebiete des Mainzer Instituts für Chemie (MATTAUCH, HINTENBERGER u. Mitarb.).

Von einer vierten Umwandlungsreihe, deren Existenz aus systematischen Gründen vermutet werden mußte — die Massenzahlen ändern sich jeweils um genau vier Einheiten —, die aber unter den natürlichen radioaktiven Stoffen nicht vorkommt, wurden die ersten Glieder 1938 von MEITNER, HAHN und STRASSMANN durch Bestrahlung von Thorium 232 mit Neutronen erzeugt; hierdurch entsteht Thorium 233, das sich durch zweimaligen β-Zerfall in das langlebige Uran 233 verwandelt. 1941 bewiesen HAHN und STRASSMANN, daß auch das Isotop 237 des später Neptunium genannten Elements der Kernladung 93 an eine frühere Stelle der gleichen Reihe gehört. Die vollständige Aufklärung der Gesetzmäßigkeiten dieser Zerfallsreihe gelang erst 1947 in amerikanischen Laboratorien.

Weitere Arbeiten bezogen sich auf die β-Strahlung radioaktiver Kerne. Hier kannte man zunächst zwei Arten, solche mit diskreten, zudem von Atomart zu Atomart verschiedenen Energien der emittierten Elektronen und solche mit kontinuierlicher Verteilung der kinetischen Energie der Elektronen. Von der ersteren Gruppe konnte nun nach einer längeren Kontroverse gezeigt werden, daß sie, wie dies zuerst L. MEITNER vorgeschlagen hatte, Sekundärprodukte der Kernumwandlung sind — in der überwiegenden Anzahl der Fälle bleibt der entstehende Kern in einem angeregten Zustand höherer Energie zurück, aus dem er erst unter Emission eines oder mehrerer γ-Quanten in den Zustand tiefster Energie übergeht. Die so entstehenden γ-Quanten erzeugen also in den Atomhüllen sekundäre β-Strahlen, aus denen sich Rückschlüsse auf die primäre γ-Strahlung und damit auf die Energieniveaus des Kerns selbst ziehen ließen. Die letzteren bilden eine der wesentlichen Grundlagen für die heutigen Vorstellungen über den Aufbau der Atomkerne.

Von womöglich noch größerer Bedeutung sind aber die β-Spektren mit kontinuierlicher Energieverteilung, die am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie sehr sorgfältig untersucht wurden. Nach einer von W. HEISENBERG 1932, unmittelbar nach der Entdeckung des Neutrons begründeten Vorstellung, die sich als grundlegend für die seitherige Entwicklung der Kernphysik herausstellte, bestehen die Atomkerne nicht (wie man bis dahin geglaubt hatte) aus Protonen und Elektronen und eventuell noch einer Anzahl von Neutronen, sondern ausschließlich aus Protonen und Neutronen. Die stabilen schwereren Kerne besitzen etwas mehr Neutronen als Protonen entsprechend der Tatsache, daß die Atomgewichte die Kernladung, welche die Anzahl der Protonen angibt, um mehr als das Doppelte übersteigen. Wenn nun ein Kern im Verhältnis zuviele Neutronen besitzt und daher instabil ist, so besteht eine Möglichkeit, in einen stabilen Zustand überzugehen, darin, daß ein Neutron im Kern unter Aussendung eines Elektrons in ein Proton übergeht. Hierbei sollte offenbar ein fester Energiebetrag freiwerden; wenn also das emittierte Elektron tatsächlich unterhalb der durch die Energiedifferenz der Kerne gegebenen Grenze jede beliebige Energie bekommen kann, so legt dies die zuerst von PAULI näher begründete Vermutung nahe, daß mindestens ein weiteres mit normalen Mitteln unbeobachtbares Teilchen emittiert wird, dessen Ruhmasse und -ladung gleich Null angenommen werden müssen. Diese „Neutrinos", deren Existenz experimentell erst vor wenigen Jahren nachgewiesen werden konnte, — ihre Energiedichte im Weltall ist übrigens keineswegs unbedeutend — sind von großer Bedeutung für die Theorie der Elementarteilchen.

Eine experimentelle Entdeckung, deren eigentliche Bedeutung erst sehr viel später verstanden wurde, gelang OTTO HAHN 1921 mit der Auffindung des Uran Z. Dieses erwies sich als ein Protactinium mit der Massenzahl 234 und einer Halbwertszeit von fast 7 Std. Man kannte aber schon ein Protactiniumisotop der gleichen Massenzahl, das UX_{II}, das ebenfalls durch β-Zerfall sich wieder in ein Uran 234 verwandelte, aber mit einer Halbwertszeit von nur 1,1 min; letzteres ist das normalerweise aus der gleichen Muttersubstanz (UX_I = Thorium 234) entstehende Zerfallsprodukt. Beide Umwandlungen kommen durch einen β-Zerfall zustande; die Wahrscheinlichkeit, daß dabei Uran Z entsteht, ist aber sehr viel geringer als die der Entstehung von Uran X_{II}. Das Interesse an dieser Entdeckung beruhte darauf, daß hiermit zum ersten Mal ein Beispiel dafür gefunden war, daß Isotope gleicher Massenzahl desselben Elements ganz verschiedene radioaktive Eigenschaften haben konnten. — Erst ab etwa 1934, nachdem radioaktive Isotope in großer Zahl künstlich durch α-Bestrahlung (JOLIOT-CURIE) und durch Neutronenbestrahlung (FERMI u. Mitarb.) hergestellt worden waren, wurden weitere ähnliche

Fälle bekannt, die dann unter dem Namen Atomkernisomerie zusammengefaßt wurden. Ihre Interpretation gelang 1936 C. F. v. WEIZSÄCKER, der damals am gleichen Institut arbeitete. Danach handelt es sich bei diesen Isomerien um sehr langlebige angeregte Zustände des Kerns, deren Langlebigkeit darauf beruht, daß der Übergang in den energetisch tiefsten Zustand durch Aussendung eines γ-Quants auf Grund besonderer Quantenbedingungen — großen Unterschieds der Drehimpulse beider Zustände — eine extrem niedrige Wahrscheinlichkeit besitzt. Ähnliche Fälle sind in der Physik der Atomhüllen unter dem Namen metastabile Zustände bekannt, das sind angeregte Zustände, die statt in Bruchteilen von Mikrosekunden erst in Sekunden oder sogar in Stunden in den Grundzustand übergehen (dies war allerdings nicht die Analogie, welche tatsächlich zur Aufklärung der Kernisomerie führte). Ebenso wie die Eigenschaften der kurzlebigen angeregten Zustände gehören die der Isomere zu den wesentlichen empirischen Grundlagen der Kernphysik; sie wurden nach dem Kriege im Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz insbesondere von FLAMMERSFELD untersucht.

Die folgenreichste einzelne Entdeckung, die bei den Arbeiten im Hahnschen Institut gemacht wurde, war die Spaltung des Urankerns durch Neutronenbestrahlung (HAHN und STRASSMANN Ende 1938). Ihre Geschichte ist an vielen Stellen beschrieben worden — so durch OTTO HAHN selbst in „New Atoms" 1950 — es sollen daher hier nur einige Aspekte hervorgehoben werden, die vielleicht nicht so allgemein bekannt sind. Zunächst einmal bestand eine Hauptschwierigkeit darin, daß der Gedanke an die Möglichkeit einer Spaltung den Kernphysikern, insbesondere den Theoretikern, damals so fern lag, daß alle gedanklichen Ordnungsschemata zur Interpretation der bei diesen Versuchen gefundenen Erscheinungen nur die Entstehung von Stoffen in Betracht zogen, welche ähnliche Kernladung und Massenzahl wie das Ausgangselement hatten. Es zeigte sich zwar schon ganz bald *nach* der Hahn-Strassmannschen Entdeckung, daß sie sehr wohl auf Grund des damals bereits Bekannten hätte vorausgesagt werden können; tatsächlich wurden aber in diesem Fall die richtigen Fragen erst nach dem Experiment gestellt. Dies war auch der Grund dafür, daß die Entdeckung eigentlich auf einem denkbar weiten Umweg, nämlich mit chemischen Methoden geschah, während sie nachher mit physikalischen Methoden auf viel einfachere Art verifiziert werden konnte. Daß sie auf diesem Wege überhaupt möglich war, war nur der Tatsache zu verdanken, daß am Hahnschen Institut jahrzehntelange Erfahrungen in den Methoden der radiochemischen Analyse kleinster, auch schon unwägbarer Substanzmengen vorlagen, ferner dem Umstand, daß auch die chemischen Eigenschaften fast aller bei den radioaktiven Umwandlungen auftretenden Elemente genau bekannt waren.

Die Hahnsche Entdeckung gab auch den unmittelbaren Anlaß dafür, daß die Kaiser-Wilhelm-Institute für Physik in Dahlem und Heidelberg während des Krieges die Aufgabe erhielten, die Möglichkeiten der technischen Ausnutzung der Uranspaltung zu untersuchen. Damals wurden die wichtigsten Grundlagen der Reaktortechnik erarbeitet, wertvolle Erfahrungen der Neutronendiffusion und -absorption gewonnen, viele Einzelheiten über den Spaltungsprozeß ermittelt usw. Da der vorliegende Bericht aber im wesentlichen auf die Grundlagenforschung beschränkt bleiben soll, mag auf die Darstellung jener umfangreichen Forschungsarbeiten verzichtet werden. An diese Untersuchungen knüpften die nach 1950 aufgenommenen Arbeiten zur Neutronenphysik im Göttinger Institut (K. WIRTZ) an, die zum Ausgangspunkt der Karlsruher Reaktorentwicklung wurden.

Mit den Arbeiten am Prandtlschen Institut betreten wir nun eines der ältesten Gebiete der Physik, dessen Grundbeziehungen spätestens seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts auch in ihrer mathematischen Form genau bekannt waren. Daß für das Verständnis einiger der wichtigsten Erfahrungstatsachen in diesem Gebiet keineswegs das gleiche gilt, hängt zum Teil damit zusammen, daß es sich in der Hydrodynamik sozusagen um nichtlineare mechanische Systeme mit unendlich vielen Freiheitsgraden handelt, deren statistische Theorie aber nicht nach dem Modell der Statistischen Mechanik (der Atome und Elementarteilchen) formuliert werden kann; ferner damit, daß infolge der Kompressibilität und Energiedissipation die Gesetze der Thermodynamik in vielen wichtigen Fällen mit hineinspielen. Schon das Verhältnis, in dem Reibungseffekte einerseits, die Trägheit andererseits eine Strömung bei vorgegebenen Randbedingungen beeinflussen, hängt in der Nähe der Berandungen in einer Weise vom Ort ab, die bis zu L. PRANDTLs grundlegender Arbeit aus dem Jahre 1904, in der die Grenzschichttheorie zum ersten Mal formuliert wurde, nicht erfaßt worden war. Damals zeigte PRANDTL, daß in der Nähe der festen Begrenzungen einer Strömung in der Regel eine Schicht existiert, in der die Zähigkeit starke Wirkungen hervorruft, so klein sie auch für den Hauptteil der Strömung im Verhältnis zur Trägheit sein mag; außerhalb dieser dünnen Schicht hat die Strömung bei nicht zu hohen Geschwindigkeiten annähernd den Charakter einer reinen Potentialströmung, zu deren theoretischer und experimenteller Kenntnis vor allem Arbeiten von A. BETZ beigetragen haben. PRANDTL nannte diese Schicht die Grenzschicht, und der Grenzschichtforschung war ein wesentlicher Teil der Arbeiten des Göttinger Instituts und der mit ihr eng verbundenen, von PRANDTL gemeinsam mit A. BETZ geleiteten AVA gewidmet, zu denen bis in die Mitte der zwanziger Jahre auch TH. v. KÁRMÁN wichtige Gedanken, z. B. über die Bedeutung der Wirbelbildung für den Widerstand von umströmten Körpern, beitrug. In engem Zusammenhang mit diesen Arbeiten standen Untersuchungen über die Turbulenz, des instationären Bewegungstyps, der sich bei Überwiegen der Trägheit gegenüber der Reibung, deren Verhältnis gemessen wird durch die nach REYNOLDS benannte dimensionslose Zahl, einzustellen pflegt. Hier lassen sich zwei Hauptbereiche der Forschung unterscheiden, die Frage des Instabilwerdens der streng stationären („laminaren") Strömung bei großem Wert der Reynoldsschen Zahl und die Gesetzmäßigkeiten der ausgebildeten Turbulenz. Da die meisten natürlichen Strömungen durch große, in manchen Fällen (z. B. in der Meteorologie und der Astrophysik) sogar sehr große Werte der Reynoldsschen Zahl charakterisiert sind, ist der turbulente Strömungszustand für die Hydrodynamik von ebenso großer Bedeutung wie der stationäre (laminare) Strömungstyp. Auch Grenzschichten können turbulent

sein, so daß die Gesetzmäßigkeiten der ausgebildeten Turbulenz auch für die Grenzschichtforschung wichtig sind. Hier gelang es PRANDTL mit Hilfe des Mischungswegansatzes — einer Art Analogon zur freien Weglänge der kinetischen Gastheorie —, eine phänomenologische Theorie zu entwickeln, die einen überaus weiten Bereich von Erfahrungstatsachen wenigstens approximativ umfaßte; sie wurde auch auf meteorologische, schließlich sogar auf astrophysikalische Fragestellungen angewendet — nämlich den Aufbau von Konvektionszonen auf Sternen, insbesondere den Energietransport in solchen Zonen, der für gewisse (im späteren Institut für Astrophysik bearbeitete) Fragen der Sternentwicklung, welche wiederum eine Art indirekte Prüfung der Theorie zulassen, wichtig ist. Die Weiterentwicklung der Turbulenztheorie zu einer wirklich statistischen Theorie (G. I. TAYLOR, v. KÁRMÁN) kam erst Mitte der dreißiger Jahre in Gang und führte um 1940 bis 1945 zur Entdeckung des sog. Spektralgesetzes der Turbulenz, das ist der Korrelation zwischen der Größe der Schwankungsbereiche und dem Betrag der Geschwindigkeitsschwankung, wenigstens für den einfachsten Fall der isotropen inkompressiblen Turbulenz; in Deutschland[1]) wurde dieses Gesetz aufgefunden durch C. F. v. WEIZSÄCKER im Zusammenhang mit von PRANDTL entwickelten Vorstellungen, eine genauere mathematische Ausarbeitung gab W. HEISENBERG mit Methoden, die aus der Quantenfeldtheorie entlehnt waren. Die Bedeutung dieser Entwicklung für das Problem der ausgebildeten Turbulenz besteht darin, daß damit ein Ausgangspunkt gefunden zu sein scheint für eine deduktive Theorie an Stelle der phänomenologischen Theorie, die schließlich zu Aussagen über die Grenzen der Anwendbarkeit der letzteren führen sollte.

Für das schon zuvor erwähnte klassische Problem des Stabilitätsverhaltens einer laminaren Strömung, das an der einfachen ebenen Poiseuille-Strömung 1923 von HEISENBERG gelöst worden war, geschah bei den Grenzschichten der entscheidende Schritt zu seiner Lösung durch W. TOLLMIEN, der 1929 zeigte, daß für eine wichtige Klasse von Berandungen ein quantitatives Kriterium angegeben werden kann. In daran anschließenden Arbeiten von H. SCHLICHTING geschah die detailliertere Anwendung auf mehrere spezielle Beispiele; um 1940 wurden dieses Kriterium und die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der beginnenden Instabilität durch Versuche in amerikanischen Windkanälen auch experimentell bestätigt.

Um die Mitte der dreißiger Jahre entstanden neue Schwerpunkte physikalischer Forschung im Institut für Physik, unter W. BOTHE, des Kaiser-Wilhelm-Instituts für medizinische Forschung in Heidelberg und im Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Dahlem unter Leitung von P. DEBYE und M. v. LAUE. Der erstere übte die Leitung allerdings nur während weniger Jahre, bis Kriegsbeginn, aus; 1942 wurde an seiner Stelle W. HEISENBERG berufen.

Die Arbeiten am Botheschen Institut im Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg hatten ihren Schwerpunkt im Gebiet der Kernspektroskopie mit γ-Strahlen. Strahlungsübergänge aus angeregten Kernzuständen waren im Bereich der natürlichen radioaktiven Elemente schon sehr viel länger bekannt — hiervon war im Zusammenhang mit den Arbeiten L. MEITNERs bereits die Rede —, die künstliche Kern-γ-Strahlung leichterer Elemente wurde aber erstmalig 1930 von W. BOTHE und H. BECKER beobachtet. Die Entdeckung geschah bei Versuchen über die Einwirkung von α-Strahlen des Poloniums auf eine Anzahl leichter Elemente; für die weitere Entwicklung dieses Gebiets war aber die Tatsache entscheidend, daß etwa gleichzeitig die verschiedenen Typen von Teilchenbeschleunigern verfügbar wurden, mit denen geladenen Teilchen sehr bequem Energien von einigen MeV gegeben werden können, mit dem größeren Aufwand der Zirkularbeschleuniger auch von zunächst etwa 10 MeV und mehr. Das Bothesche Institut wurde demgemäß ausgestattet mit einem van de Graaff-Beschleuniger für 1 MeV-Teilchen, der um 1936 in Betrieb kam, und mit einem kleinen Zyklotron, das allerdings infolge der durch äußere Umstände bedingten Schwierigkeiten erst um 1943 fertiggestellt werden konnte.

Die Bedeutung der Arbeiten von BOTHE und seinen Mitarbeitern zur γ-Spektroskopie der Atomkerne ist oft nicht ganz zutreffend bewertet worden infolge des Umstandes, daß sie gleichzeitig den unmittelbaren Ausgangspunkt bildeten für die mit anderen Mitteln unternommenen Versuche von CURIE und JOLIOT, bei denen sich zum ersten Mal — obwohl unerkannt — Neutronen in den Messungen bemerkbar machten, und für die daran anschließenden Arbeiten CHADWICKs, die zur Entdeckung des Neutrons führten. Es erwies sich nachträglich, insbesondere durch von R. FLEISCHMANN angestellte Kontrollversuche, daß bei den ersten Arbeiten BOTHEs und BECKERs die bei der Bestrahlung von Beryllium in großer Zahl entstehenden Neutronen die tatsächlichen Meßergebnisse nicht merklich hatten beeinflussen können — das Verdienst dieser Arbeit im Zusammenhang mit der Entdeckung des Neutrons besteht vielmehr darin, daß sie auf die richtige Fragestellung führte.

Von den Arbeiten nach der Gründung des Instituts sei zunächst eine Untersuchung erwähnt, bei der zum ersten Mal die Koinzidenzmethode auf Probleme der Kernspektroskopie angewandt wurde. Diese ursprünglich von BOTHE und GEIGER eingeführte Methode — mit deren Hilfe BOTHE dann in Gemeinschaft mit KOHLHÖRSTER auch die Teilchennatur der durchdringenden Komponente der Kosmischen Strahlung entdeckte — besteht darin, daß man mit geeigneten Mitteln das zeitliche Zusammenfallen, unter Umständen auch den (geringen) zeitlichen Abstand zweier oder mehrerer Ereignisse feststellt. Die Arbeit, bei der diese Methode zum ersten Mal angewendet wurde, betraf die bei der Bestrahlung von Bor mit Polonium α-Strahlen entstehende Protonenstrahlung, die von BOTHE und BECKER schon früher dem Prozeß B 10 (α,p) C 13 zugeordnet war. Genauer handelt es sich um zwei Gruppen von Protonen mit verschiedener Energie, außerdem um γ-Strahlen von im Mittel etwa 3 MeV. Zur genauen Aufklärung der Zuordnungsverhältnisse wurden 1935 von BOTHE und v. BAEYER neue Versuche mit einer Koinzidenzanordnung angestellt, welche, wie schon vermutet, ergaben, daß die γ-Strahlung mit der energieärmeren Protonengruppe zusammengehört, da in diesem Falle der Kohlenstoff-13-Kern zunächst in einem (nur kurzlebigen) angeregten Zustand entsteht.

[1]) Wegen der Kriegsverhältnisse wurden diese Gesetzmäßigkeiten unabhängig an mehreren Stellen entdeckt.

Eine andere Anwendung der gleichen Methode betraf eine für die gesamte Quantentheorie fundamentale Fragestellung, nämlich die, ob bei der Streuung von energiereichen Lichtquanten an Elektronen die Gesetze der Erhaltung von Energie und Impuls für jeden Einzelprozeß gelten oder nur statistische Gültigkeit besitzen. 1925 hatten BOTHE und GEIGER auch die in ersterem Fall zu erwartenden Koinzidenzen zwischen Rückstoßelektron und gestreutem Lichtquant festgestellt; diese waren immer als eine der wichtigsten Stützen für die quantenmechanische Auffassung vom Teilchenaspekt der Lichtquanten angesehen worden. Nun hatten 1936 erneute in Amerika durchgeführte Versuche die statistische Deutung der älteren Experimente wieder zur Debatte gestellt. Daraufhin wiederholten BOTHE und H. MAIER-LEIBNITZ den Koinzidenzversuch mit sehr verbesserter Technik unter Ausschaltung aller denkbaren Fehlerquellen. Das Ergebnis war eine eindeutige Bestätigung der Auffassung von der Gültigkeit der Erhaltungssätze im Einzelprozeß der Streuung, im Einklang mit der Auffassung der Quantenmechanik.

Nach der Entdeckung des Neutrons betrafen eine Anzahl von Arbeiten des Instituts auch Kernreaktionen, bei denen Neutronen direkt beteiligt sind. So wurde die Entstehung von Neutronen durch Photoeffekt an einem Kern im Heidelberger Institut durch BOTHE und GENTNER untersucht (1937); sie bedienten sich hierbei der 17 MeV-γ-Strahlung, die durch Beschuß von Li 7-Kernen mit künstlich beschleunigten Protonen von 0,4 MeV Energie entsteht. Es war dies die erste ausgedehnte Untersuchung, die über Photoneutronen aus anderen Elementen als Beryllium und Deuterium überhaupt durchgeführt wurde, auf welche zahlreiche ähnliche Arbeiten an anderen, vor allem amerikanischen Instituten folgten. Spätere Arbeiten am Institut haben wesentlich zur Aufklärung der Symmetrien beim β-Zerfall beigetragen, so eine erst in den letzten Jahren durchgeführte Arbeit von LAUTERJUNG, MAIER-LEIBNITZ u. Mitarb. über den Neutrino-Rückstoß beim Lithium 8.

Schließlich sei eine weitere Arbeit aus der jüngsten Vergangenheit erwähnt, die bereits eine über den Bereich der Kernphysik hinausgehende Bedeutung erlangt zu haben scheint, nämlich die experimentelle Untersuchung der Kernresonanzfluoreszenz am Iridium 191-Kern durch MÖSSBAUER. Dieser Kern hat einen angeregten Zustand, 129 keV über dem Grundzustand, der eine Lebensdauer von einigen 10^{-10} sec besitzt, gegenüber einer reziproken Frequenz von nur $3 \cdot 10^{-20}$ sec (Wellenlänge 0,1 Å.). Diesem Verhältnis entspricht eine natürliche Breite der Spektrallinie von 10^{-10} der Wellenlänge, die Relativgeschwindigkeit zweier Kerne gegeneinander darf also höchstens etwa 1 cm/sec betragen, wenn eine Reabsorption des von einem Kern emittierten Quants nicht schon durch die Doppler-Verschiebung unmöglich gemacht werden soll. Auf den ersten Blick scheint es daher, daß schon die Wärmebewegung jede Reabsorption verhindern sollte; eine genauere (zur Hauptsache auch schon alte), auf DEBYE und WALLER zurückgehende Betrachtung zeigt aber, daß sich, falls Iridium in festem Zustand verwendet wird, bei hinreichend tiefen Temperaturen (100 bis 200° K) eine scharfe Linie dem durch die Temperatur bedingten Profil überlagert, da der Rückstoß auch durch das ganze Gitter aufgenommen werden kann. Da die Kernresonanzabsorption nun aber sehr klein ist gegenüber Absorptionseffekten in der Atomhülle, wurde differentiell gemessen unter Ausnutzung der Temperaturabhängigkeit des Effekts. — Die Bedeutung dieser Untersuchung liegt in der durch sie eröffneten Möglichkeit, relative Linienverschiebungen und Energieunterschiede von bisher unerreichbar geringem Betrag zu messen. So gelang es bei weiteren Versuchen an anderen Kernen mit noch schärferen Linien in den USA und in England bereits auf der Basis des Mößbauer-Effektes, die Voraussage der allgemeinen Relativitätstheorie über die Energieänderung eines Strahlungsquants im irdischen Gravitationsfeld zu prüfen und anscheinend bereits zu verifizieren; die Prüfung weiterer bisher nicht meßbarer Effekte aus dem Bereich der Relativitätstheorie, der Kernphysik und der Festkörpertheorie ist an verschiedenen Stellen im Gang.

Von den Arbeiten am Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Dahlem, das 1937 gegründet worden war, sollen zunächst die von M. v. LAUE besprochen werden.

M. v. LAUE, der sich seit Beginn seiner Mitarbeit bei der PTR (1925) sehr für die dortigen Arbeiten zur Supraleitung (W. MEISSNER u. Mitarb.) interessiert hatte, arbeitete seit der zweiten Hälfte der dreißiger Jahre (der Gründung des neuen Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik) über Weiterentwicklungen der phänomenologischen Theorie der Supraleitung, die 1935 sein Schüler F. LONDON (zusammen mit H. LONDON) aufgestellt hatte. Während die ersten Erfahrungen über die schon 1911 entdeckte Supraleitung noch die Interpretation erlaubt hatten, daß die Materialkonstanten der Maxwellschen Gleichungen, insbesondere der elektrische Widerstand, bei Temperaturen dicht oberhalb des absoluten Nullpunktes ihren Wert sprunghaft ändern, wurde 1933 von W. MEISSNER und OCHSENFELD ein Effekt aufgefunden, bei dem dies nicht mehr möglich war. Sie bemerkten nämlich, daß ein vorher vorhandenes Magnetfeld bei Eintreten der Supraleitung aus dem Supraleiter durch einen nun einsetzenden elektrischen Oberflächenstrom herausgedrängt wird. Da eine streng deduktive Theorie dieser Erscheinung noch nicht erreichbar schien, schlugen F. und H. LONDON eine phänomenologische Theorie vor, in Form einer Modifikation und Ergänzung der Maxwellschen Gleichungen. Auf diese Art gelang tatsächlich eine einheitliche Beschreibung der wichtigsten experimentellen Erfahrungen, die damals bekannt waren; naturgemäß entstand aber später die Aufgabe, neuen Erfahrungen gerecht zu werden. Einige von diesen betrafen das unterschiedliche Verhalten des Widerstandsabfalls zur Supraleitung bei Wechselströmen gegenüber dem bei Gleichströmen beobachteten. Um diese Erfahrungen einzubeziehen, führte v. LAUE 1942/43 die Annahme ein, daß im Supraleiter unterhalb der Sprungtemperatur zwei verschiedene Arten von Elektronen nebeneinander bestehen, nämlich normal leitende Elektronen neben den sich ohne Widerstand bewegenden Supraleitungselektronen, deren Zahl unterhalb des Sprungpunktes mit abnehmender Temperatur noch zunimmt. Auf Grund dieser Annahme, deren Konsequenzen in mehrere Richtungen analytisch verfolgt wurden, ließen sich eine Anzahl weiterer Erfahrungen in die Theorie einbeziehen.

Andere Arbeiten bezogen sich auf die Verbreiterung und Tieferlegung des theoretischen Fundaments, z.B. durch Anwendung des Prinzips der kleinsten Wirkung auf Supraleiter.

In den Jahren nach dem letzten Krieg beschäftigte sich v. LAUE im besonderen mit der Möglichkeit, die damaligen Ansätze zu einer quantenmechanischen Theorie der Supraleitung (in Deutschland von HEISENBERG und KOPPE) mit der phänomenologischen Theorie zusammenzuführen, indem er diese Theorie um nichtlineare Glieder ergänzte. Diese Fragen sind, wie an anderer Stelle erwähnt, gegenwärtig auf Grund neuer Entwicklungen in der Quantenfeldtheorie wieder in Fluß gekommen.

Nachdem v. LAUE die Leitung des Fritz-Haber-Instituts übernommen hatte, knüpfte ein Teil der an diesem Institut durchgeführten Arbeiten an die Theorie der Röntgenstrahlinterferenzen in Kristallen an. Die erste Form, die v. LAUE 1912 der Theorie gegeben hatte, besaß noch rein geometrischen Charakter: nur eine einmalige Streuung des Röntgenstrahls an den Gitteratomen wurde berücksichtigt. Genauere Theorien auf der Basis der Maxwellschen Gleichungen und später auch der Wellenmechanik waren dann von v. LAUE, P. DEBYE u.a. ausgearbeitet worden. Die Erscheinungen aber, bei welchen die mehrmalige Streuung eine Rolle spielt, entzogen sich wegen der Unvollkommenheit der meisten natürlichen Kristalle sehr lange der Beobachtung. Diese gelang erst viel später G. BORRMANN an besonders guten Exemplaren von Kalkspat und Quarz, zunächst indem er hinreichend dünne Plättchen durchstrahlte. Auf diesem Wege hat sich durch ausgedehnte Versuchsreihen am Fritz-Haber-Institut die von der genaueren Theorie geforderte Struktur, welche die Röntgenwellenfelder in den Kristallen besitzen sollten, verifizieren lassen, insbesondere das Verhalten der unter Umständen außerordentlich tiefen Minima der Absorptionskoeffizienten in den Richtungen, welche die Interferenzbedingung erfüllen (erstmalig beobachtet 1941 im Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik).

Die Arbeiten des Max-Planck-Instituts für Physik wurden nach dem Kriege in Göttingen wieder aufgenommen. Hier bildete die Physik der Elementarteilchen einen Mittelpunkt des Interesses.

Eine um 1953 begonnene Folge von theoretischen Untersuchungen (W. HEISENBERG, R. ASCOLI, H.-P. DÜRR, F. KORTEL, M. MITTER, S. SCHLIEDER, K. YAMASAKI) betrifft das Problem, die Eigenschaften der Elementarteilchen als Konsequenz aus grundlegenden mathematischen Beziehungen der Quantenfeldtheorie zu verstehen. Diese Fragestellung erscheint aussichtsvoll, seit die experimentelle Erfahrung gezeigt hat, daß — wenigstens im Bereich hoher Energie — Energie und Masse in beiden Richtungen gemäß der Einsteinschen Beziehung $E = mc^2$ [1]) ineinander umwandelbar sind; so kann z.B. die Ruhmasse eines Protons durch Vereinigung mit einem Antiproton und zusammen mit dessen Ruhmasse in die Energie von zwei Lichtquanten übergehen, von denen jedes einige Mesonen und Paare positiver und negativer Elektronen erzeugen kann. In diesem Erfahrungsbereich spielt also die Energie in ihren beiden Formen — Masse und Energie im engeren Sinn — die Rolle der unvergänglichen Substanz im Sinne etwa der älteren Philosophie.

[1]) m = Masse des Teilchens, c = Lichtgeschwindigkeit.

Ebenso hat die experimentelle Erfahrung gezeigt, daß bei sehr genauen Messungen der Energieniveaus des Wasserstoffatoms schon die Rückwirkung des von einem Atomelektron erzeugten elektromagnetischen Feldes auf das Elektron selbst nicht mehr vernachlässigt werden darf, und eben dies führt auf das komplizierte mathematische Schema der Quantenfeldtheorie; die ersten Formen der Quantenmechanik der Jahre 1925 bis 1928 hatten diese Effekte noch nicht berücksichtigt. Weiterhin ist die Frage wichtig, welche dritte Konstante zur Planckschen Konstante und zur Lichtgeschwindigkeit hinzuzunehmen ist, um die natürlichen Einheiten von Länge, Zeit und Masse in atomare Maßstäbe zu übersetzen. Nach einem Vorschlag, der ursprünglich auf W. HEISENBERG (1938) zurückgeht, wird bei den Untersuchungen, von denen hier berichtet wird, eine kleinste Länge eingeführt, die etwa die Größe der Radien einfacher Atomkerne besitzen mag, und welche die Größenordnung bezeichnen sollte, unterhalb der die kausale Beschreibbarkeit und die statistische Interpretation der Wellenfunktion vielleicht fragwürdig werden.

Das Programm besteht also darin, ein Gleichungssystem zu finden, dessen stationäre Lösungen die verschiedenen Arten von Elementarteilchen darstellen, also Elektron und Positron, die Mesonen, Proton, Neutron und Antiproton, die schwereren instabilen Teilchen, aber auch die Neutrinos und die Lichtquanten. Der auf den ersten Blick scheinbar große Spielraum in der Wahl möglicher Gleichungen wird nun durch eine ganze Reihe von Erwägungen sehr stark eingeschränkt. Aus den Experimenten kennen wir eine Anzahl von Größen, für die bei Wechselwirkungen und Reaktionen Erhaltungssätze gelten, z.B. den Gesamtdrehimpuls, Gesamtenergie, die elektrische Ladung und noch einige mehr. Diese Erhaltungssätze sind mathematisch äquivalent gewissen Symmetrieeigenschaften der Gleichungen. Für die Beziehungen zwischen Erhaltungssätzen und Symmetrie- bzw. Invarianzeigenschaften der mathematischen Gleichungen, welche die physikalischen Vorgänge beschreiben, gibt es auch schon Beispiele in der klassischen Mechanik; so gelangte KEPLER zu seinem dritten Gesetz auf Grund von Betrachtungen über „Harmonien", also speziellen Gruppeneigenschaften der Beziehungen zwischen den Systemkonstanten der Planeten, während andererseits der Drehimpulssatz, das zweite Keplersche Gesetz, bekannt war, lange bevor er als Folge der Rotationssymmetrie der Gleichungen der Dynamik erkannt wurde. In ähnlicher Weise wurde nun im Bereich der Quantenfeldtheorie von HEISENBERG und PAULI gefunden, daß neben den bekannten Gruppen (Lorentz-Gruppe usw.) auch eine wichtige spezielle Gruppe, die sog. Isospingruppe, durch eine einfache nichtlineare Spinorgleichung dargestellt werden kann. Unter der Annahme, daß unsere Kenntnisse der Erhaltungssätze für die Umwandlungen der Elementarteilchen bereits als im wesentlichen abgeschlossen gelten darf, hat sich gezeigt, daß schon die einfachste nichtlineare Spinorgleichung, die man angeben kann, alle vom Experiment verlangten Symmetrien aufweist; in diesem Rahmen scheint — dies haben die bisherigen Untersuchungen wohl ergeben — die verbleibende Freiheit der mathematischen Formulierung recht gering zu sein. Nicht ausschließen läßt sich natürlich — wie

immer in der Theorie — die Möglichkeit, daß die Natur schon in diesem Teilbereich tatsächlich reicher ist, als wir uns gegenwärtig vorstellen. Im Prinzip gestattet die vorliegende mathematische Formulierung aber quantitative Folgerungen, die mit der Erfahrung verglichen werden können, z.B. hinsichtlich der Verhältnisse der Massen von Proton und (z.B.) π-Meson; daß dieser Vergleich bisher nur in sehr grober Näherung hat durchgeführt werden können, liegt an den überaus großen hiermit verknüpften mathematischen Schwierigkeiten, die noch nicht richtig bewältigt werden konnten. Doch haben sich gerade in der letzten Zeit enge Beziehungen zu den ähnlich gearteten Schwierigkeiten in anderen Gebieten der Physik gezeigt, z.B. zur Theorie der Supraleitung (BOGOLJUBOW, NAMBU), so daß man auf Fortschritte in diesen Fragen hoffen darf.

Schließlich sei noch über eine Gruppe von Arbeiten aus dem Grenzgebiet zwischen Physik und Astrophysik gesprochen, welche auf die Richtung der gegenwärtigen Arbeiten im gleichnamigen Münchner Max-Planck-Institut von einigem Einfluß gewesen sind. Diese Arbeiten betrafen einmal die Kosmische Strahlung, zum anderen Anwendungen der Hydrodynamik, später vor allem der Magnetohydrodynamik und Plasmaphysik auf Probleme der Astrophysik. Die Anwendungen der Hydrodynamik bezogen sich vor allem auf die Rolle der Turbulenz für die Entwicklung kosmischer Gasmassen. Hier zeigte v. WEIZSÄCKER 1947 — nach vorangegangenen Untersuchungen über die entsprechenden Erscheinungen im Sonnensystem —, daß der turbulente Austausch vom Rotationsmoment dazu führen muß, daß eine ursprünglich kugelförmige Gasmasse etwa von der Masse und den Dimensionen eines Milchstraßensystems bei hinreichend hohem Wert des Gesamtdrehimpulses relativ rasch — im Maßstab der Entwicklung des Sternsystems und der Bildung von Sternen aus dem Gas — die Gestalt einer Scheibe annimmt, die dann im allgemeinen innen rascher als außen rotieren wird, ferner, daß sich hier ein Zugang zum Verständnis einiger morphologischer Züge der verschiedenen Klassen von Sternsystemen eröffnet.

Die experimentelle Erforschung der kosmischen Strahlung war seit 1938 insbesondere in der von E. REGENER geleiteten Forschungsstelle intensiv betrieben worden. REGENER entwickelte als erster die Technik der automatischen Registrierung in großen Höhen mittels Ballonen; sein Mitarbeiter G. PFOTZER entdeckte 1938 das Maximum der Teilchenintensität in etwa 18 km Höhe, welches durch das Gegeneinanderwirken der Neuerzeugung zahlreicher instabiler Teilchen und der wachsenden Absorption in den tieferen Luftschichten zustande kommt. A. EHMERT fand 1942 bei seinen laufenden Registrierungen der Intensität der kosmischen Strahlung (gleichzeitig auch S. FORBUSH in Washington) den ersten eindeutigen Fall eines beträchtlichen Anstiegs nach einer chromosphärischen Eruption auf der Sonne. Durch diese nud analoge spätere Beobachtungen war klargestellt, daß die Kosmische Strahlung, deren Charakter als Teilchenstrahlung sehr hoher Energie — 1 GeV und mehr — sich etwa um die gleiche Zeit aus anderen Beobachtungen ergeben hatte, gelegentlich auf der Sonne, in der Nähe aktiver Sonnenflecken, erzeugt wird. Diese Beobachtungen lenkten die Aufmerksamkeit auf die astrophysikalischen Aspekte der Kosmischen Strahlung und auf das Verhalten schnell bewegter elektrisch geladener Teilchen in kosmischen Magnetfeldern. Seit etwa 1950 haben erst astrophysikalische Beobachtungen, dann solche der Radiofrequenzstrahlung aus dem Kosmos gezeigt, daß nicht nur Himmelskörper wie die Sonne und die Erde, sondern auch die fast leeren Räume zwischen den Planeten und den Sternen der Sitz von Magnetfeldern sein können. Schon früher hatten sich Gründe für die Vorstellung ergeben, daß in den Sonnenflecken die in ihnen beobachteten Magnetfelder als die primäre Erscheinung, die geringere Oberflächenhelligkeit als Folge derselben anzusehen sind. Die starke Wechselwirkung zwischen elektrisch leitendem, stellarem oder interstellarem Gas und den kosmischen Magnetfeldern war seit etwa 1948 Gegenstand zahlreicher Untersuchungen in der Abteilung Astrophysik des Göttinger Instituts. Das Gas befindet sich als Folge der Ionisation in dem aus der Physik der Gasentladungen schon länger bekannten „Plasma"-Zustand, für den die intensive Wechselwirkung aller Teilchen innerhalb bestimmter Volumina, deren Größe aus einer von P. DEBYE angegebenen Beziehung folgt, charakteristisch ist. Sehr viele Erscheinungen lassen sich schon verstehen unter dem einfacheren, insbesondere von A. SCHLÜTER begründeten Bild eines elektrisch gut leitenden Gases, das eigentlich aus zwei Gasen, dem Ionengas und dem Elektronengas besteht und außer den aus der Hydrodynamik bekannten Kräften und der gegenseitigen Reibung noch den Volumenkräften unterliegt, die aus der Wechselwirkung elektrischer Ströme mit Magnetfeldern resultieren; diese zusätzliche Volumenkraft bewirkt eine dynamische Koppelung zwischen den Freiheitsgraden der Bewegung und denen des magnetischen Feldes, welche dazu führt, daß z.B. kinetische Energie in magnetische Energie übergehen kann und umgekehrt. Dieser Sachverhalt ist vermutlich der tiefere Grund für die Tatsache, daß im Kosmos Gas, das sich normalerweise im Plasmazustand befindet, und Magnetfelder in der Regel zusammen vorzukommen scheinen.

Auf diesem Hintergrund ergeben sich eine große Zahl von Einzelfragen über die Struktur kosmischer Magnetfelder, z.B. solcher mit elektrischen Strömen, die zum Magnetfeld parallel sind, über die Bewegung der Teilchen der Kosmischen Strahlung in den Magnetfeldern der Sonne und der Erde und die Schlüsse auf die interplanetarischen und interstellaren Magnetfelder, die sich auf Grund dieser Beziehungen aus den Beobachtungen der Kosmischen Strahlung ziehen lassen. Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die interplanetarischen Magnetfelder beruhen immer noch ganz überwiegend auf solchen Schlüssen, trotz der neuen Mittel der extraterrestrischen Forschung. An den Göttinger und Münchner Untersuchungen über diesen Gegenstand, die zum Teil in Zusammenarbeit mit amerikanischen Instituten durchgeführt wurden, waren insbesondere REIMAR LÜST und A. SCHLÜTER beteiligt.

Hinsichtlich des Ursprungs der Kosmischen Strahlung führten neuere, im Zusammenhang mit L. DAVIS, Pasadena, durchgeführte Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß eine Weiterentwicklung der von FERMI 1948 vorgeschlagenen galaktischen Theorie, gemäß der die Teilchen der Kosmischen Strahlung sich zur Hauptsache in den zu unserer eigenen Milchstraße ge-

hörenden Magnetfeldern bewegen, der Gesamtheit des inzwischen stark angewachsenen Beobachtungsmaterials immer noch am besten gerecht wird. In diesem Zusammenhang ist ein vor einigen Jahren an mehreren Stellen unabhängig entdecktes Resultat der Magnetohydrodynamik wichtig, das sich auf die Struktur von Stoßfronten in Magnetfeldern bezieht; während bei einem gewöhnlichen Gas, dessen Massenbewegung etwa mit Schallgeschwindigkeit oder mehr erfolgt, die Front eines Verdichtungsstoßes eine Dicke von der Ordnung der freien Weglänge eines Gasmoleküls besitzt, haben DAVIS, LÜST und SCHLÜTER (im Göttinger Institut) gezeigt, daß für ein Plasma bei Gegenwart eines Magnetfeldes die Struktur einer Stoßfront durch eine Länge charakterisiert wird, welche durch die Gyrationsradien der geladenen Teilchen bestimmt und daher im allgemeinen sehr viel kleiner ist als bei Abwesenheit von Magnetfeldern. Die Bedeutung dieses Resultats beruht darauf, daß fast alle Massenbewegungen im interplanetarischen und im interstellaren Raum mit Schallgeschwindigkeit oder noch höheren Geschwindigkeiten erfolgen und daß die Ablenkung der Teilchen der Kosmischen Strahlung in magnetohydrodynamischen Stoßfronten empfindlich von der Dicke der Fronten abhängt.

Im interplanetarischen Raum beobachten wir ferner eine so starke Wechselwirkung zwischen der normalen Korpuskularstrahlung der Sonne, die sich vor allem in der erdmagnetischen Unruhe, gelegentlich auch den magnetischen „Stürmen" äußert, und den Plasmaschweifen gewisser Kometen, daß die letzteren direkt als natürliche Sonden für den Zustand des interplanetarischen Raumes, insbesondere die Eigenschaften der solaren Korpuskularstrahlung, angesehen werden können. Auch die in diesem Bereich auftretenden Fragen sind seit 1951 intensiv studiert worden, zuletzt von P. STUMPFF und von RHEA LÜST; die allgemeineren Fragen der solarterrestrischen Beziehungen und ihrer Auswirkungen auf die höheren Schichten der Atmosphäre bilden eines der Hauptarbeitsgebiete des Instituts für Aeronomie in Lindau (J. BARTELS, W. DIEMINGER).

Andere Arbeiten, deren Bedeutung für die späteren Entwicklungen sich in der Folge ergab, bezogen sich auf das physikalische Verhalten der Materie bei den hohen Temperaturen, die im Innern und an den Oberflächen der Sterne vorliegen; C. F. v. WEIZSÄCKER hatte schon 1938 die Fragen, die mit der stationären Energieerzeugung der Sterne durch Kernumwandlungen zusammenhängen, weitgehend (gleichzeitig mit H. BETHE) aufklären können. Weiterhin war für die Folge von beträchtlicher Bedeutung, daß in den höheren Schichten der Sternatmosphären, z.B. in der Sonnenkorona, erst recht aber im interplanetarischen und im interstellaren Raum extreme Abweichungen von den Verhältnissen thermischen Gleichgewichts vorkommen, derart, daß keine Temperatur definiert werden kann, welche die gleiche allgemeine Bedeutung wie unter den normalen Verhältnissen thermischen Gleichgewichts besitzen würde; vielmehr entsprechen der Ionisationszustand insbesondere schwerer Atome und die mittlere Teilchengeschwindigkeit unter Umständen nicht der Temperatur, die etwa aus der Energiedichte nach dem Gesetz von STEFAN und BOLTZMANN folgen würde. Hier konnten die prinzipiellen Fragen des Ionisationszustandes und der Energiebilanz der Sonnenkorona im wesentlichen aufgeklärt werden, auf der Basis der schon früher erwähnten Arbeiten über Konvektionszonen und der Theorie von Druckwellen in Atmosphären in einem Schwerefeld, insbesondere des Energietransports durch solche Wellen.

Um 1957, nach der ersten Genfer Konferenz über die friedliche Verwendung der Atomkernenergie, aber noch vor den ersten Publikationen über diesen zunächst noch als geheim geltenden Gegenstand, wurde im Göttinger Institut (wie dies, ohne daß es damals bekannt geworden wäre, schon früher an mehreren anderen Stellen geschehen war) erkannt, daß die bei den vorstehend skizzierten Arbeiten gewonnenen Einsichten sich mindestens im Prinzip anwenden ließen auf ein Problem der experimentellen Kernphysik, nämlich die Gewinnung des in natürlichem schwerem Wasser zur Verfügung stehenden Vorrats an Kernenergie. Aus ziemlich allgemeinen, schon oft dargestellten Überlegungen (siehe z.B. A. SCHLÜTER und Verfasser, Vorträge auf der Physikertagung 1957) folgt nämlich, daß bei einer Temperatur von etwa 100 Millionen Grad die Energiebilanz jedenfalls ungefähr stationäre Verhältnisse erlauben würde; der Zusammenhang der zuvor besprochenen Untersuchungen legt den Gedanken nahe, Magnetfelder zum Einschließen des heißen Gases zu verwenden. Zum Erhitzen auf die erforderliche Temperatur kann man an eine Anzahl von Möglichkeiten denken, bei denen wiederum die Eigenschaften eines Plasmas in Magnetfeldern ausgenutzt werden können.

Die Erkenntnis dieser Lage führte bekanntlich zu dem Entschluß, die Plasmaphysik zu einem Hauptgegenstand, insbesondere auch der experimentellen Anstrengungen im Münchner Institut (G. v. GIERKE, E. FÜNFER, K.-H. SCHMITTER, R. WIENECKE u. Mitarb.) zu machen. Dies ist nicht der Ort zu einem Bericht über das bisher auf diesem Spezialgebiet Erreichte, vielmehr erscheinen einige Schlußworte angemessen über die Schwierigkeiten, die bei dem Versuch, Plasmen höchster Temperaturen herzustellen, in München wie anderwärts zunächst überwunden werden müssen. Ihr gemeinsamer Zug besteht darin, daß Instabilitäten verschiedener Art normalerweise dazu führen, daß das Plasma viel schneller, als dies bei stabilen Verhältnissen der Fall sein sollte, aus dem Magnetfeld, das es einschließt, herausdiffundiert. Ein wichtiger Teil dieser Instabilitäten läßt sich verstehen auf Grund eines theoretischen Modells nach Analogie der gewöhnlichen Hydrodynamik, der sog. Magnetohydrodynamik; andere Instabilitäten scheinen gerade auf den Eigenschaften zu beruhen, durch die ein Plasma, insbesondere bei Gegenwart eines Magnetfeldes, sich von einem gewöhnlichen Gas unterscheidet. Die ersteren Instabilitäten hofft man auf Grund von Arbeiten, an denen in Göttingen bzw. München vor allem K. HAIN, REIMAR LÜST und A. SCHLÜTER beteiligt sind, schon im wesentlichen zu verstehen und damit in gewissem Umfang sogar schon zu beherrschen, die Untersuchung der letzteren ist dagegen noch in den Anfängen, auch im Bereich der Theorie, in dem noch grundlegende Fragen der Antwort harren.

Der vorstehende Überblick konnte naturgemäß nach keiner Richtung hin auch nur annähernd vollständig sein, nicht einmal hinsichtlich der Bereiche der Atomphysik, der Kernphysik und der damit zu-

sammenhängenden Forschungszweige, denen die meisten der angezogenen Beispiele entstammen. So hätten die Arbeiten über die Anwendungen des Kernmagnetismus in der Nähe des absoluten Nullpunktes (P. DEBYE) und zur Präzisionsbestimmung der Quadrupolmomente von Atomkernen (SCHÜLER) eigentlich ebenso zum Gegenstand dieses Berichts gemacht werden können wie Grundlagenfragen in anderen Grenzgebieten und in den Bereichen der angewandten Physik wie etwa der Metallforschung (KÖSTER), der Elektronenmikroskopie (RUSKA) oder der elektronischen Rechenmaschinen (BILLING). Trotz dieser Beschränkungen ist aber vielleicht die Rolle der Arbeiten an den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und später der Max-Planck-Gesellschaft im größeren Zusammenhang der Entwicklung der Physik doch wenigstens an einigen wesentlichen Stellen deutlich geworden.

München, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik

Eingegangen am 22. November 1960

Genetik und biochemische Genetik in den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft

Von H. FRIEDRICH-FREKSA, Tübingen

I. Einleitung
II. Verschiedene Entwicklungslinien der genetischen Forschung in den Kaiser-Wilhelm-Instituten in den ersten 30 Jahren
III. Forschungsergebnisse
a) Chromosomen und Vererbung
b) Kern und Plasma
c) Genwirkung
d) Genetik und Struktur des Tabakmosaikvirus
e) Nucleinsäuren als Erbsubstanz
f) Mutationen durch chemische Abänderungen einzelner Nucleotide
IV. Schluß

I. Einleitung

In den 50 Jahren, die seit der Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft verflossen sind, hat die Genetik durch die Verschmelzung mit der Biochemie eine tiefgreifende Wandlung erfahren. Gene sind nicht mehr fiktive Einheiten, sondern man kann die Frage stellen und zum Teil beantworten, aus wievielen Nucleotiden sie bestehen, je nachdem ob sie als funktionelle Gene, als Rekombinationseinheiten oder als Mutationseinheiten aufgefaßt werden. Auch der Weg, der vom Gen zum Phän führt, zur Ausprägung der Merkmale, ist in manchen Fällen wenigstens streckenweise aufgeklärt, wenn hier auch noch große Lücken vorhanden sind. Am wenigsten zugänglich ist immer noch, biochemisch gesehen, die autonome Rolle des Plasmas im Vererbungsgeschehen. Aber wenigstens für die Wirkung des Plasmas auf den Kern gibt es aus letzter Zeit hoffnungsvolle Ansätze.

Die nachfolgende Darstellung vermag nur einige Entwicklungslinien herauszugreifen, die einen kleinen Ausschnitt der Arbeiten umfassen, die in den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und ihrer Nachfolgerin, der Max-Planck-Gesellschaft, durchgeführt wurden. Es sind fast ausschließlich Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem, dem späteren Max-Planck-Institut für Biologie in Tübingen, dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biochemie in Berlin-Dahlem, später als Max-Planck-Institut in Tübingen und jetzt in München, dem Max-Planck-Institut für Virusforschung in Tübingen und dem Max-Planck-Institut für Meeresbiologie in Wilhelmshaven berücksichtigt worden, weil in diesen Arbeiten die Beziehung zur Biochemie besonders hervortritt. Es kann nur erwähnt werden, daß genetische Forschung mit anderer Zielsetzung auch noch an anderen Stellen, z. B. dem Max-Planck-Institut für vergleichende Erbbiologie, für Züchtungsforschung u. a. betrieben wurde.

Dem Ziel der Darstellung entsprechend, sind nur die Arbeiten aus den Kaiser-Wilhelm-Instituten und den Max-Planck-Instituten zitiert.

II. Verschiedene Entwicklungslinien der genetischen Forschung in den Kaiser-Wilhelm-Instituten in den ersten 30 Jahren

Die Forschung auf dem Gebiet der Genetik begann im Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem in den Abteilungen von CARL CORRENS, RICHARD GOLDSCHMIDT und MAX HARTMANN.

Die Arbeitsrichtung von CORRENS war durch die großen Entdeckungen bestimmt, die er schon vor seiner Dahlemer Zeit gemacht hatte und an deren Ausbau er weiterarbeitete. Sein Name ist verbunden mit der Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln, aber er war auch der erste Erforscher der nicht-mendelnden Vererbung. Er hatte bei Bryonia entdeckt, daß die Geschlechtsbestimmung als eine Rückkreuzung nach dem Mendel-Schema aufzufassen war und konnte in der verschiedenen Pollenkeimungsgeschwindigkeit eine Erklärung für die Abweichung von dem 1:1-Verhältnis finden. Er erkannte, daß die Selbststerilität auf einer begrenzten Zahl von Erbfaktoren beruht und nicht eine individuelle Eigenschaft ist. Alle diese Arbeiten wurden in Dahlem fortgesetzt [*1*]. Die Arbeiten über die genetische Bedeutung des Plasmas wurden durch die Untersuchungen seines Mitarbeiters F. v. WETTSTEIN besonders gefördert. Die von v. WETTSTEIN nach dem Tode von CORRENS 1934 im Handbuch der Vererbungswissenschaft herausgegebene Übersicht über nicht-mendelnde Vererbung, die CORRENS nachgelassen hatte, ist auch heute noch lesenswert [*2*], [*3*].

RICHARD GOLDSCHMIDT war im Anfang der 20er Jahre vor allem mit der Auswertung seiner Kreuzungsversuche zwischen verschiedenen Rassen des europäischen und japanischen Schwammspinners (Lymantria dispar) beschäftigt. Die Untersuchung des Auftretens der männlichen und weiblichen Intersexe, zwischen den starken und schwachen Rassen von Lymantria führte zu der Erkenntnis, daß für die genetische Geschlechtsbestimmung nicht allein die Geschlechts-

chromosomen, sondern die Relation zwischen den Geschlechtschromosomen und anderen genetischen Faktoren maßgebend ist. Bei Lymantria sind diese anderen Faktoren entweder das Plasma oder das Y-Chromosom; das ist wohl bis heute noch nicht klargestellt [*4*]. Bei Drosophila fand später BRIDGES, daß es dort die Relation zwischen Geschlechtschromosomen und Autosomen ist, die den Grad der Ausprägung der intersexen Merkmale bestimmt. Zur Erklärung der verschiedenen Stufen der Intersexualität entwickelte GOLDSCHMIDT seine geistvolle Drehpunktstheorie. Danach sollten die Geschlechtsunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Schmetterlingen in verschiedenen Organsystemen zu verschiedenen Zeitpunkten in der Gesamtentwicklung des Tieres determiniert werden. Es wurde die Hypothese aufgestellt, daß es bei der Kreuzung verschieden starker männlicher und weiblicher Rassen einen je nach dem früher oder später in der Entwicklung liegenden Zeitpunkt gibt, in dem das männliche Geschlecht in das weibliche oder das weibliche in das männliche umschlägt. Die Organe, die vor diesem Zeitpunkt bereits geschlechtlich determiniert sind, bleiben in diesem Zustand, nur die Organe, die erst nach diesem Drehpunkt geschlechtlich determiniert werden, werden von dem Umschlag ins andere Geschlecht erfaßt. SEILER, der in den 20er Jahren auch bei GOLDSCHMIDT arbeitete, hat mehr als ein Jahrzehnt später nachgewiesen, daß diese Vorstellung nicht zutrifft. Bei den Schmetterlingen ist jede Zelle alternativ männlich oder weiblich determiniert. Die Intersexe kommen durch ein bestimmtes Mischungsverhältnis von männlichen und weiblichen Zellen in jedem Organ zustande.

Die physiologische Theorie der Vererbung, die GOLDSCMIDT 1921 aufstellte [*5*], bringt eine Verallgemeinerung der an Lymantria entwickelten Ideen. Es wurde angenommen, daß die Gene wie Enzyme die verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeiten in den Zellen beeinflussen und daß die Überlagerung und Verknüpfung dieser verschiedenen Reaktionen die allmähliche Ausprägung der Erbanlagen bewirkt. Wir wissen heute, daß die Gene nicht unmittelbar mit den Reaktionsgeschwindigkeiten verknüpft sind, aber für die spätere Ausprägung der Erbanlagen ist dieser Gesichtspunkt wichtig. So ergibt sich aus GRÜNEBERGs Untersuchungen, daß eine Reihe von genetischen Unterschieden bei der Ausprägung der Erbfaktoren bei Mäusen auf verschiedene Zellteilungsgeschwindigkeiten umschriebener Zellbezirke in Frühstadien der Entwicklung zurückzuführen sind.

In den letzten Jahren seiner Dahlemer Zeit untersuchte GOLDSCHMIDT Beeinflussungen der Frühentwicklung, für die er den Begriff der Phänokopie aufstellte [*6*]. So ließ sich z.B. bei Drosophila die Wirkung bestimmter Allele durch subletale Temperaturerhöhung in bestimmten sensiblen Phasen der Embryonalentwicklung nachahmen. Die Abänderungen waren nicht erblich, entsprachen aber in ihrem Erscheinungsbild der Wirkung bestimmter Gene.

Die genetischen Untersuchungen in der Abteilung von MAX HARTMANN betrafen vor allem die Aufklärung der verschiedenen Formen der Bestimmung des Geschlechts bei Protozoen, Algen und Pilzen. In der verwirrenden Fülle der Erscheinungen wurde von MAX HARTMANN die noch heute gültige Einteilung in haplo- und diplo-phänotypische und haplo- und diplogenotypische Geschlechtsbestimmung getroffen [*7*]. Die schon von CORRENS für diploide Organismen, Pflanzen und Tiere, ausgesprochene Formulierung von der allgemeinen bisexuellen Potenz konnte auch bei haploiden Organismen erwiesen werden. Ein wunderbares Beispiel wurde durch die Entdeckung der relativen Sexualität der Gameten von Ectocarpus siliculosus gefunden [*8*].

Nach dem Tode von CORRENS 1934 übernahm F. v. WETTSTEIN die Abteilung bis zu seinem frühen Tode 1945. Neben den Untersuchungen über plasmatische Vererbung (vgl. Abschnitt IIIb) war ein Hauptarbeitsgebiet die Untersuchung des Einflusses der Zahl der Chromosomensätze auf Größe der Zellen, Kern-Plasma-Verhältnis und eine große Zahl von anderen physiologischen und morphologischen Eigenschaften bei Moosen [*9*], [*10*]. Die Abhängigkeit verschiedener quantitativ faßbarer Eigenschaften steigt nicht einsinnig von der Haploidie bis zur hochgradigen Polyploidie an, sondern durchläuft ein Maximum. STRAUB machte einen wichtigen Ansatz, um das Problem der Selbststerilität der biochemischen Untersuchung näherzubringen [*11*].

Nachdem GOLDSCHMIDT und STERN Deutschland hatten verlassen müssen, übernahm A. KÜHN die Abteilung. Mit dem benachbarten Kaiser-Wilhelm-Institut für Biochemie in Berlin-Dahlem, das seit 1936 BUTENANDT leitete, entwickelte sich eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit (vgl. Abschnitt IIIc).

BUTENANDT, v. WETTSTEIN und KÜHN gründeten auch zusammen die Arbeitsstätte für Virusforschung, an der MELCHERS aus der Abteilung v. WETTSTEIN die biologische Bearbeitung der Pflanzenviren und SCHRAMM aus dem Butenandtschen Institut die biochemische Bearbeitung der Viren übernahm.

In der Mitte der 20er Jahre kamen zu dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie drei weitere Institute hinzu, in denen genetische Forschung betrieben wurde. Das waren das Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung unter Leitung von E. BAUR, das Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie und Eugenik unter EUGEN FISCHER, später O. v. VERSCHUER, und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Hirnforschung unter OSKAR VOGT. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde unter H. NACHTSHEIM in Berlin das Max-Planck-Institut für Vergleichende Erbbiologie und Erbpathologie gegründet.

Das 1927 neu gegründete Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung in Müncheberg/Mark hatte nach BAURs Idee die Aufgabe, die Lücke zwischen der reinen Vererbungswissenschaft und der züchterischen Praxis auszufüllen. Eine der großen Leistungen war die Züchtung der Süßlupinen durch v. SENGBUSCH [*12*]. Aber auch in der rein wissenschaftlichen Arbeit wurden wichtige Ergebnisse erzielt und durch Röntgenstrahlen und UV-Lichteinwirkung bei Antirrhinum erzeugte Mutationen untersucht (STUBBE [*13*]). In der letzten Arbeit, die E. BAUR selbst fertigstellte, faßte er 20jährige Erfahrungen aus Kreuzungen natürlicher Arten und Varianten von Antirrhinum zusammen (1933) [*14*]. Sie enthält eine Fülle von Beobachtungen, die sie bis heute als einen der wichtigsten genetischen Beiträge zum Artbildungsproblem erscheinen lassen. Alle Merkmalsunterschiede, die zwischen den Arten und Varianten gefunden wurden, ließen sich auf eine größere oder geringere Zahl von mendelnden Erbfaktoren zurückführen. Es ergab sich weiter, daß aus

der ungeheueren Fülle der Kombinationsmöglichkeiten der Gene durch Kreuzung verschiedener Ausgangsarten nur ein verhältnismäßig kleiner Bruchteil unvermindert lebensfähig ist und wiederum nur ein sehr kleiner Bruchteil von diesen aufeinander abgestimmten Genkombinationen durch die in der Natur vorkommenden Arten und Varianten repräsentiert wird.

Zu besonderer Bedeutung entwickelte sich die genetische Abteilung der Kaiser-Wilhelm-Instituts für Hirnforschung. OSKAR VOGT, der das Hirnforschungsinstitut leitete, hatte sich von Jugend an für das Artbildungsproblem interessiert. Um für sich selbst zu einem gewissen Urteil über die Faktoren der Evolution zu kommen, beschäftigte er sich mit der Variation von Hummelarten und hatte im Laufe der Zeit eine stattliche Sammlung von mehr als 20000 Exemplaren angelegt. Die Genetik der Farbmusterbildung bei Insekten erschien ihm auch als ein Modell für die von ihm untersuchte individuelle Variabilität der Cytoarchitektonik des Gehirns, die er als den Ausdruck des Zusammenspiels einer großen Anzahl mutierender Gene auffaßte [*15*]. Bei einem Aufenthalt in Rußland hatte VOGT TIMOFEEFF-RESSOVSKY kennengelernt, den er für seine genetische Abteilung am Hirnforschungsinstitut gewann. Die Untersuchungen von TIMOFEEFF-RESSOVSKY an Drosophila funebris über die verschiedene Ausprägung der Gene, je nach dem Genmilieu, in dem sie sich befinden, führte zu der Aufstellung der grundlegenden Begriffe von Expressivität und der Penetranz der Gene [*16*]. TIMOFEEFF beobachtete bei Kreuzungen von Drosophila funebris, daß bestimmte Allele sich nur bei einem Teil der Träger der Erbanlagen manifestieren. Den Prozentsatz der Manifestation bezeichnet er als Penetranz. Andererseits kommt es auch vor, daß ein bestimmtes Allel eines Genes ein Merkmal bei verschiedenen Individuen in verschiedenem Maße beeinflußt. Die Stärke, mit der sich das Gen beim Einzelindividuum manifestiert, bezeichnet TIMOFEEFF als Expressivität.

Einen faszinierenden Einfluß übte damals eine Arbeit von TIMOFEEFF, ZIMMER und DELBRÜCK (1935) „Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur" aus [*17*]. Die Beobachtung, daß Mutationen durch Röntgenstrahlen in einer Eintreffer-Reaktion unabhängig von der Verteilung der Dosis erzeugt werden, führte zu dem Schluß, daß es sich um einen Treffer innerhalb der genetischen Substanz selber handeln müsse, und daß aus dem Treffbereich ein Rückschluß auf die Natur des Gens selbst möglich sein sollte. Da ein Treffbereich von mehreren Tausend Atomen zu einer bestimmten Mutation führt, wurde gefolgert, daß es eine Energieleitung in der genetischen Substanz gibt, die immer zu derselben Änderung führt, wenn an irgendeiner Stelle des Treffbereichs ein Treffer erfolgt. Diese Annahme war damals ganz neuartig, denn man hatte noch keine Beispiele für Energieleitungsprozesse in einfachen Modellen. Zum Teil angeregt durch diese Arbeit, wurden in den folgenden Jahren viele verschiedene Formen von Energieleitung in Leuchtphosphoren und Farbstoffen aufgefunden und Überlegungen darüber angestellt, wie die Energiewanderung in Eiweißstoffen und Nucleinsäuren erfolgen könne. Bis heute hat sich aber kein gesicherter Nachweis für Energieleitung bei der Mutationsauslösung durch Röntgenstrahlen ergeben. Dafür sind aber viele Beispiele bekanntgeworden, aus denen hervorgeht, daß die Strahlenwirkung zum großen Teil indirekter Natur ist und durch Radikale hervorgerufen wird, die später erst mit der genetischen Substanz reagieren. So ist es möglich, das Ausmaß von Chromosomenbrüchen z. B. durch verschiedene Vorbehandlungen oder auch noch kurz nach der Strahleneinwirkung zu beeinflussen. Fundamental ist aber die Erkenntnis geblieben, daß die Mutationsauslösung durch Strahlung keinen Schwellenwert hat und sich in statistischer Weise akkumuliert.

TIMOFEEFF hat damals schon die Frage aufgeworfen, ob der Begriff des Gens als Funktionseinheit, Rekombinationseinheit und Mutationseinheit nach jeder dieser Begriffsbestimmungen wirklich auf dieselbe Einheit führt. Wir wissen heute, daß das nicht der Fall ist. Die Mutationseinheit ist ein einzelnes Nucleotid, die Rekombinationseinheit läßt sich bis auf wenige Nucleotide einschränken und die Funktionseinheit umfaßt etwas mehr oder weniger als tausend Nucleotide.

So können an derselben Genfunktionseinheit eine Reihe von verschiedenen Abänderungen erfolgen, die phänotypisch zunächst ununterscheidbar, aber doch nicht identisch sind. Auch die durch Strahlung an einem bestimmten funktionellen Gen ausgelösten, phänotypisch ähnlichen Änderungen gehen meist auf verschiedene Strukturänderungen zurück. Durch diese Erkenntnis werden die alten Betrachtungen über die Energieleitung hinfällig.

TIMOFEEFF-RESSOVSKY konnte bis zum Ende des Krieges in Berlin-Buch wirken und wurde im Herbst 1945 zwangsweise nach Rußland zurückgebracht.

Der Begründer der genetischen Abteilung am Hirnforschungsinstitut, OSKAR VOGT, war schon 1936 von den Nazis wegen politischer Unzuverlässigkeit seines Amtes enthoben worden. Er schuf sich eine neue eigene Arbeitsstätte im Schwarzwald, kam aber nie darüber hinweg, daß ihm der angemessene Wirkungskreis genommen worden war. Seine Tochter, MARGARETE VOGT, begann mit genetischen Arbeiten an Drosophila und widmet sich jetzt der Virusgenetik in Pasadena.

III. Forschungsergebnisse

a) Chromosomen und Vererbung

Die Erklärung des genetischen Faktorenaustausches durch Stückaustausch der Chromosomen stieß in den 20er Jahren bei vielen Biologen auf Widerspruch. Diese Deutung wurde nur als ein grob-mechanistischer Vergleich angesehen, der keinesfalls die wirklichen Vorgänge erfaßte. WINKLER versuchte damals, durch die Aufstellung der Konversionstheorie einen Formalismus zu entwickeln, der die bekannten genetischen Tatsachen ebenfalls deuten konnte, ohne einen Stückaustausch der Chromosomen anzunehmen. GOLDSCHMIDT erwog, daß die Gene an den Chromosomen adsorbiert sind. Um diese Zeit machten CREIGHTON und MCCLINTOCK beim Mais und STERN [*18*] bei Drosophila die klassischen Versuche, die den Stückaustausch bei Chromosomen sicher stellten. STERN stellte durch geeignete Kreuzungen bei Drosophila ein Chromosomenpaar her, dessen Partner zwei mikroskopisch erkennbare Strukturunterschiede aufwiesen. Es handelte sich um das X-Chromosom, dem an einem Ende ein Y-Chromosom angeheftet war, während es am anderen Ende eine Fragmentation aufwies. Dieser mikro-

skopisch erkennbare Unterschied wurde verbunden mit zwei genetischen Markierungen, die auch im X-Chromosom lokalisiert waren, der eine B = bandförmige Augen, der andere cr = nelkenrote Augenfarbe. Die Kreuzungsversuche ergaben, daß ein Austausch der Erbanlagen immer auch mit einem mikroskopisch erkennbaren Austausch der Chromosomenstücke verbunden war (Fig. 1). Dadurch war der bis heute gültige Nachweis erbracht, daß das crossing-over wirklich auf Stückaustausch beruht.

Es ist interessant, wie dieselbe Fragestellung sich heute nach 30 Jahren auf molekularer Ebene bei der Rekombination der Nucleinsäuren wiederholt. Bei der Kreuzung von Bakteriophagen haben z. B. die Versuche von BRESCH ergeben, daß die Rekombinanten, die nach Mischinfektionen aus einem einzelnen Bakterium hervorgehen, keine gleiche Häufigkeit aufweisen, wie es beim Stückaustausch zu erwarten wäre. Danach wurde von ihm und anderen angenommen, daß der crossing-over-Mechanismus bei der DNS nicht auf Stückaustausch beruht, sondern auf „copy-choice", d.h., die Replikation soll erst eine Strecke lang an einer DNS-Spirale erfolgen und dann auf die mit der anderen Erbkonstitution überspringen. Nach diesem Mechanismus bestehen zwei wesentliche Unterschiede zum gewöhnlichen crossing-over, nämlich 1. kann die Rekombination nur während der DNS-Vermehrung erfolgen und 2. muß keine gleiche Häufigkeit der Rekombinanten vorhanden sein. Man hat versucht, diesen Mechanismus auch auf die Meiose bei Chromosomen anzuwenden, dem steht aber entgegen, daß die Reduplikation bereits erfolgt, bevor die Paarung der Chromosomen stattfindet. Außerdem ist es dann nicht zu verstehen, warum bei sehr vielen Tetradenanalysen ein gleiches Verhältnis der Rekombination zu beobachten ist. Es gibt zwar auch bei manchen Pilz- und Hefe-Arten gesicherte Ausnahmen von dieser Regel, aber es liegt dann näher, dafür besondere Erklärungen einzuführen.

Die Versuche, die kürzlich mit schweren Atomen an dem λ-Bakteriophagen durch MESELSON gemacht wurden, sprechen dafür, daß auch bei den Nucleinsäuren ein wirklicher Stückaustausch erfolgt und daß die vom 1:1-Verhältnis abweichenden Zahlen auf nachträglicher Selektion beruhen.

Nach der Entdeckung von HEITZ und BAUER, daß die Zellkerne der Speicheldrüsen von Chironomus Riesenchromosomen enthalten, und der Anwendung dieser Erkenntnis durch PAINTER u. a. auf Drosophila, ergab sich die prästabilisierte Harmonie von Cytologie und Genetik. BAUER kam im Jahre 1934 nach Dahlem an die Abteilung HARTMANN und konnte dort die polytäne Natur der Chromosomen in einer eingehenden Untersuchung sicherstellen [*19*]. Wenn die Bandenstruktur der Speicheldrüsen-Riesenchromosomen die Erbkonstitution widerspiegelt, so sollten auch die Chromosomen anderer Gewebe bei Drosophila einen entsprechenden Bau zeigen. BEERMANN untersuchte in BAUERs Abteilung in Wilhelmshaven nach dem Kriege diese Frage und fand die Bandenstruktur in verschiedenen Geweben im wesentlichen übereinstimmend. Es ergab sich aber, daß bestimmte Aufblähungen in gewissen Banden der Chromosomen, die jetzt allgemein als „puffs" bezeichnet werden, in verschiedenen Geweben an verschiedenen Stellen liegen (vgl. Fig. 2) [*20*]. Diese Beobachtung kann in dem Sinne gedeutet werden, daß diese Stellen Orte besonderer Genaktivität sind und daß ein bestimmtes Gen in dem

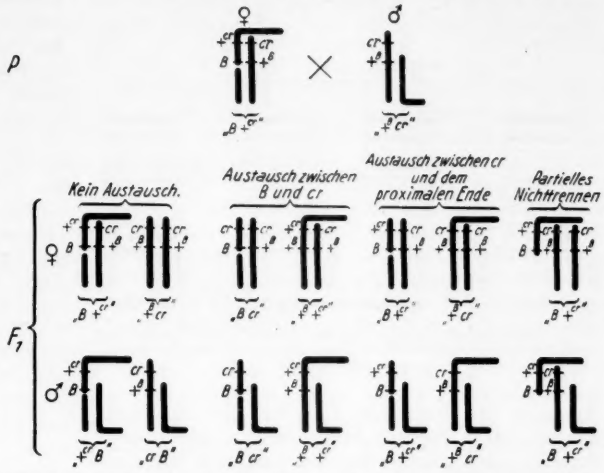


Fig. 1. Rekombination der Erbanlagen, verbunden mit Chromosomenstückaustausch bei doppeltheteromorphen Chromosomen von Drosophila melanogaster. [Nach STERN, Biol. Zbl. 51 (1931).] B = Bar bandförmiges Auge, $+^B$ = normales Auge, cr = nelkenrote Augenfarbe, $+^{cr}$ = normal gefärbte Augen

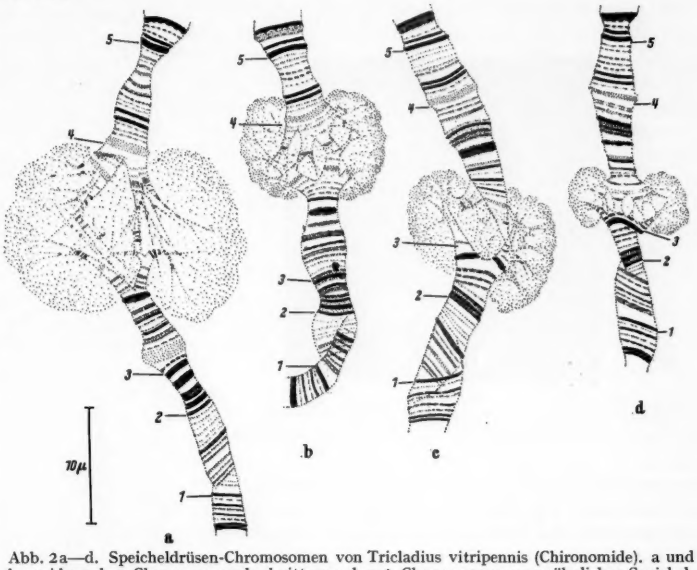


Abb. 2a—d. Speicheldrüsen-Chromosomen von Tricladius vitripennis (Chironomide). a und b zwei homologe Chromosomenabschnitte aus dem 1. Chromosom von gewöhnlichen Speicheldrüsenzellen. Die Aufblähung des Chromosoms befindet sich übereinstimmend bei der Bande 4. c und d zwei homologe Chromosomenabschnitte aus dem 1. Chromosom von Körnchenzellen der Speicheldrüsen, einem besonderen Zelltyp. Die Aufblähung befindet sich hier übereinstimmend bei zwei verschiedenen Individuen in der Nähe der Bande 3. (Nach W. BEERMANN [*20*])

einen Gewebe und ein anderes Gen in einem anderen Gewebe besonders aktiv ist. Diese Vermutung konnte in letzter Zeit von BEERMANN und seinen Mitarbeitern im Max-Planck-Institut für Biologie in verschiedener Weise bestätigt werden. Durch Einbauversuche mit radioaktivem Uridin bei *Chironomus* ergab sich, daß die „puffs" Stellen einer besonders gesteigerten RNS-Synthese sind (PELLING 1959 [*21*]). Der eleganteste

Nachweis ergab sich aber aus der Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Biochemie. Dort war das die Metamorphose bei Insekten auslösende Hormon „Ecdyson" von BUTENANDT und KARLSON isoliert worden (1954) [22]. Injiziert man das Hormon in das letzte Larvenstadium, so tritt eine verfrühte Meta-

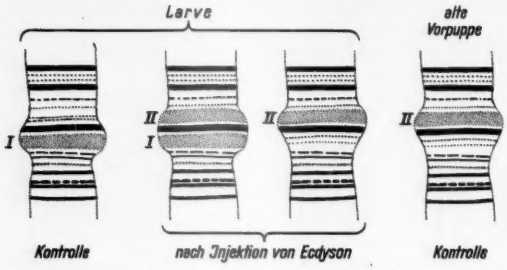


Fig. 3. Auftreten eines neuen (II) und Verschwinden des Larvenpuffs (I) nach Injektion von Ecdyson in Chironomidenlarven, überlassen von W. BEERMANN

morphose ein. Beim Einsetzen der normalen Metamorphose ist in einer bestimmten Region eines Riesenchromosoms der Zellen der Speicheldrüsen und auch in anderen Organen das Neuauftreten eines puffs zu beobachten. Mit besonderen Färbemethoden kann gezeigt werden, daß an dieser Stelle Ribonucleoprotein neu gebildet wird. Es erhebt sich nun die Frage, ob nach Injektion von Ecdyson auch bei der verfrühten Metamorphose diese charakteristischen Veränderungen

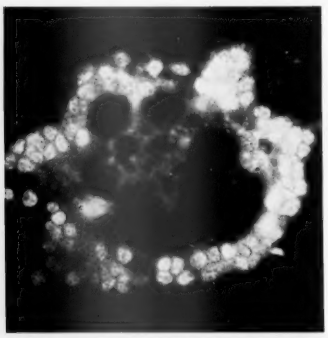


Fig. 4. Riesenzelle aus Hühnermakrophagen. Nachweis des g-Antigens in den Zellkernen mit fluoreszierendem Antikörper (frühes Stadium, etwa 4,5 Std nach Infektion). (Nach R. M. FRANKLIN [26])

im entsprechenden Abschnitt des Chromosoms erkennbar sind. Fig. 3 zeigt das Ergebnis. Bereits zwei Stunden nach der Injektion ist die Ribonucleoprotein-Bildung in dem neu auftretenden puff erkennbar [23]. Hiermit ist es zum ersten Mal gelungen, eine spezifische Veränderung an einer bestimmten Stelle des Chromosoms durch einen definierten Stoff hervorzurufen.

b) Kern und Plasma im Vererbungsgeschehen

Die Beobachtungen von BEERMANN über die Aktivierung verschiedener Chromosomenregionen in verschiedenen Zellarten desselben Organismus geben ein klares Beispiel für eine spezifische Beeinflussung des Zellkernes durch das Zellplasma. In diesem Fall sind es die plasmatischen Verschiedenheiten verschiedener Zellen im gleichen Lebewesen, die sich auf die Gene auswirken. Aber auch die plasmatischen Unterschiede, die zwischen verschiedenen Stämmen, Arten oder Gattungen bestehen, können die Gene in verschiedener Weise beeinflussen. Das hat schon CORRENS an dem von ihm entdeckten Beispiel von nicht-mendelnder Vererbung gezeigt. Der Einfluß des Plasmas muß hervortreten bei reziproken Kreuzungen, falls der Einfluß des Plasmas des Spermiums gegenüber dem Einfluß des Plasmas zu vernachlässigen ist. Indessen können solche Unterschiede bei reziproken Kreuzungen auch als Nachwirkungen des Genoms gedeutet werden. Es ist deshalb notwendig zu zeigen, daß der Einfluß des Plasmas auch bei dauernder Rückkreuzung mit einem fremden Genom erhalten bleibt. Das hat zuerst v. WETTSTEIN an Kreuzungen verschiedener Arten und Gattungen von Laubmoosen erwiesen. Ein weiteres besonders schönes Beispiel wurde von F. v. WETTSTEIN in einer hinterlassenen Arbeit beschrieben [24]. Beim Lein (Linum usitassimum) waren zwei in ihrer Wuchsform, Wuchshöhe, Blätterform u. a. verschiedene Stämme bekannt, die als „tall" und „procumbent" bezeichnet worden waren. Kreuzungsversuche zwischen den Stämmen zeigen einen ausgesprochenen Einfluß des Plasmas auf verschiedene Erbmerkmale. So führt ein tall enthaltendes Gen zur Pollensterilität im procumbent-Plasma. Auch Unterschiede in der Größe der Blütenblätter werden vom procumbent-Plasma beeinflußt. Diese Wirkung des procumbent-Plasmas bleibt auch in konstanter Weise erhalten, wenn nach acht Generationen Rückkreuzung das Genom durch tall-Genom ersetzt wird. F. v. WETTSTEIN war der Meinung, daß es sich bei der geschilderten Wirkung des Plasmas um einen grundsätzlich anderen Mechanismus handelt als bei der Genwirkung.

Angeregt durch die Ergebnisse der Virusforschung hat DARLINGTON die Hypothese der Plasmagene aufgestellt. Danach gibt es im Plasma ribosenucleinsäurehaltige Partikeln, die sich autonom vermehren können und auch mutationsfähig sind. Durch entsprechende Mutationen sollen auch aus ihnen die ribonucleinsäurehaltigen Viren entstehen können, die nach dieser Auffassung also als „wildgewordene" Plasmagene zu betrachten sind. MICHAELIS [25] hat sich zur Deutung der von ihm in langjährigen Arbeiten im Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung beobachteten erblichen Plasmaeinflüsse bei Epilobium-Arten weitgehend der Darlingtonschen Hypothese angeschlossen.

Die Ergebnisse, die die Virusforschung in den letzten Jahren gewonnen hat, führen von dieser Auffassung wieder ab. So konnten SCHÄFER u. Mitarb. [26] bei dem von ihnen im Max-Planck-Institut für Virusforschung untersuchten ribosenucleinsäurehaltigen Virus der Klassischen Geflügelpest (K.P.-Virus) zeigen, daß die erste Phase der Virusneubildung im Zellkern stattfindet. Mit Sicherheit ist das erwiesen für den Eiweißstoff, das sog. g-Antigen, der die Ribosenucleinsäure enthält. Dieser Stoff wird im Zellkern gebildet, während erst später ein zweiter Eiweißstoff, das Hämagglutinin, der im fertigen Virus den ersten Eiweißstoff umgibt, im Plasma gebildet wird. Da wir heute wissen, daß die genetische Substanz des Virus die Nucleinsäure ist, ist es wohl wahrscheinlich, daß in diesem Fall auch die Ribosenucleinsäure im Zellkern gebildet wird und erst später der Übertritt ins Plasma erfolgt. Fig. 4 stellt eine mit K.P.-Virus infizierte lymphatische Riesenzelle dar, die über 60 randständige Kerne enthält. Diese Kerne haben eine starke Reaktion mit

fluoreszierendem Antikörper gegen g-Antigen, während das Innere der Zelle nicht fluoresziert. Erst beim weiteren Infektionsverlauf läßt sich auch im Zellplasma Viruseiweiß nachweisen.

An kernlosen Algen (Acetabularia) haben HÄMMERLING u. Mitarb. mit verschiedenen Methoden untersucht, ob eine Neubildung der RNS im Plasma stattfindet. Hält man Acetabularia im Dunkeln und entfernt den Zellkern, so geht der RNS-Gehalt des Zellplasmas stark zurück. Wird der Zellkern am Anfang einer 10tägigen Dunkelperiode entfernt und dann zehn Tage lang belichtet, so ist vielleicht eine geringfügige Neubildung von RNS festzustellen; wenn aber der Kern erst am Ende der Dunkelperiode entfernt wird, so ist die Zunahme der RNS sehr erheblich (SCHWEIGER und BREMER 1960 [*27*]). Aus diesen Versuchen geht im Zusammenhang mit den Versuchen von HÄMMERLING [*28*] über die Bildung morphogenetischer Substanzen durch den Zellkern hervor, daß der Kern bestimmte Stoffe an das Plasma in der Dunkelperiode abgibt, die eine Neubildung von RNS ermöglichen. Auch nach diesen Versuchen ist es unwahrscheinlich, daß eine vom Kern unabhängige Neubildung von RNS erfolgen kann.

Es fragt sich nun, wie die Persistenz der Plasmawirkung über die Zellgenerationen hinweg ohne autonome Reduplikation biochemisch verstanden werden kann. Hier bietet sich die Erklärung an, daß es enzymatische Reaktionen gibt, die Startsubstanzen benötigen, um ablaufen zu können. Ein Beispiel ist die von CORI untersuchte Bildung der Amylose aus Glucose-1-phosphat durch das Enzym Phosphorylase, eine mögliche Anfangsreaktion bei der Bildung des Glycogens. Sie setzt voraus, daß bereits ein kurzes Kettenstück vorhanden ist. Die Kette kann also nur wachsen, wenn Kettenstücke vorhanden sind, und andererseits könnten durch Spaltung der Kette neue kurze Kettenstücke entstehen, so daß dadurch ein autokatalytischer Vorgang gegeben ist. Wenn solche Kettenstücke ganz aufgebraucht sind, kann eine Neubildung von Glykogen mit diesem Enzymsystem nicht mehr erfolgen. Ein solcher Vorgang würde in ähnlicher Weise als plasmatische Defektmutation erscheinen wie die von EPHRUSSI beobachteten erblichen Änderungen in den Mitochondrien bei Hefen. MENKE hat kürzlich darauf hingewiesen, daß mit dieser Vorstellung eine wesentliche Eigentümlichkeit der plasmatischen Abänderungen erklärt wird, nämlich, daß im Gegensatz zu den Genmutationen — mit einer einzigen ungesicherten Ausnahme — noch nie eine Reversion zum Wildtyp beobachtet wurde. Eine solche Vorstellung entspricht dem Wettsteinschen Gedanken, daß die plasmatischen Abänderungen etwas grundsätzlich anderes darstellen als die Genmutationen.

c) Genwirkung

Die Versuche von CLEVER und KARLSON [*23*] geben erstmalig ein Beispiel für die physiologische Wirkung eines Stoffes auf bestimmte Gene. Viel älter ist die experimentelle Bearbeitung des umgekehrten Problems, welche Stoffe unter der Einwirkung von Genen entstehen.

Im Jahre 1937 kam A. KÜHN anstelle von GOLDSCHMIDT an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem. Damit begann eine außerordentlich fruchtbare Zusammenarbeit mit A. BUTENANDT, die zur weitgehenden Klärung der Genwirkung bei der Pigmentbildung in den Augen von Insekten führte und an diesem Beispiel allgemeine Gesetzmäßigkeiten der Genwirkung erschloß. KÜHN hatte in Göttingen schon mit einer Mutante von Ephestia kühniella gearbeitet, die statt der normalen dunkelpigmentierten eine rote Augenfärbung aufwies. CASPARI entdeckte bei ihm 1933, daß die Implantation von Hoden der dunkelhäutigen Wildform in Larven der rotäugigen Mutante zu einer Dunkelausfärbung der Augen führte. Offenbar wird vom Hoden ein Stoff abgegeben, der die Pigmentbildung der Augen beeinflußt. Man glaubte damals, daß es sich bei diesem Stoff um einen Genwirkstoff oder Genhormon handele, das lediglich die Pigmentbildung beeinflußt, ohne an der Pigmentbildung selbst beteiligt zu sein. BUTENANDT, WEIDEL und BECKER [*29*] nahmen die biochemische Bearbeitung des Stoffes in Angriff. EPHRUSSI u. Mitarb. hatten gefunden, daß Larven der Schmeißfliege (Calliphora) einen Stoff enthalten, der dieselbe Wirkung auf die Augenausfärbung bei einer Drosophila-Mutante (*v*) ausübt wie das Hodentransplantat bei Ephestia. Dieser Stoff erwies sich auch bei der Ephestia-Mutante *a* als wirksam. Damit war ein leicht züchtbares Ausgangsmaterial gegeben, um zu versuchen, den Stoff zu isolieren. Die Mutante *v* (= vermilion) von Drosophila erwies sich als homolog mit der Mutante *a* von Ephestia. TATUM beobachtete, daß bei Larven der *v*-Mutante von Drosophila auf einem tryptophanhaltigen Nährboden die Augen sich wie bei der Wildform ausfärbten. Die Wirkung beruht nicht auf dem Tryptophan selbst, sondern auf einem Stoff, der von Bakterien in Gegenwart von Tryptophan auf dem Nährboden erzeugt wird. Bei der Calliphora-Aufarbeitung war WEIDEL ebenfalls bei den wirksamsten Präparaten wegen des Geruchs nach Acetophenon nach Alkalisierung auf den Verdacht gekommen, daß es ein Tryptophan-Derivat sein könne. Von KOTAKE war im Harn von Kaninchen als frühes Abbauprodukt des Tryptophans das Kynurenin gefunden worden. Es konnte gezeigt werden, daß l-Kynurenin wirksam ist [*29*]. In Zusammenhang mit den Untersuchungen, die mittlerweile BECKER im Kühnschen Institut ausgeführt hatte, mußte die Vorstellung aufgegeben werden, daß der v^+-Stoff = a^+-Stoff einen Genwirkstoff darstellt. Vielmehr ergaben die Beckerschen Untersuchungen, daß der Stoff selbst eine Vorstufe des Pigments darstellt [*30*]. Die Wirkung der Gene, die für die Augenpigmentbildung verantwortlich sind, mußte jetzt so gesehen werden, daß unter dem Einfluß der verschiedenen Gene verschiedene Fermente gebildet werden, die in einer Reihe aufeinanderfolgender Stoffe die Umwandlung von Tryptophan in die Augenfarbstoffe bewirken. Dieses Schema ergab sich auch in ganz allgemeiner Weise an verschiedenen anderen Biosyntheseketten durch Untersuchungen von BEADLE und TATUM u. a. an Neurospora.

Nach dem glücklichen Griff mit dem Kynurenin erwies sich die Aufklärung der weiteren Stufen, die zum fertigen Pigment führen, als außerordentlich mühselig. Aus der Drosophila-Genetik hatte sich bereits ergeben, daß an die Wirkung des v^+-Genes ein weiteres Gen cn^+ anschließt, das das Kynurenin in einen weiteren Stoff umwandelt. 1949 konnten BUTENANDT, WEIDEL und SCHLOSSBERGER [*31*] zeigen, daß es sich hierbei um das 3-hydroxy-Kynurenin handelt. Dieser

Stoff ist auch in den Schmeißfliegenextrakten vorhanden. Bei den Augenfarbstoffen der Insekten wurde zum ersten Mal von E. BECKER [32] eine besondere Klasse von Pigmenten charakterisiert, die er als Ommochrome bezeichnete. Durch BUTENANDT u. Mitarb. wurde erkannt, daß es sich hier um eine neue Klasse von Naturstoffen handelt, die Phenoxazon-Derivate sind. Es gelang, aus 3-hydroxy-kynurenin durch Oxydation mit Kaliumferrizyanid das Xanthommatin, einen zu dieser Gruppe gehörenden Farbstoff, zu synthetisieren (vgl. die Übersicht von BUTENANDT in dieser Zeitschrift 1959 [33].).

d) Genetik und Struktur des Tabakmosaikvirus

Schon beim Beginn der Arbeiten über das Tabakmosaikvirus in Berlin-Dahlem am Ende der 30er Jahre war der Gedanke leitend, daß die Untersuchung der Viren auch aufschlußreich für die Struktur der Gene sein könne. Wie ein Gen weist ein Virus die Eigenschaften der identischen Reduplikation und der Mutationsfähigkeit auf. Die Reaktionskette, die zur Ausprägung der spezifischen Krankheitssymptome führt, und ihre Modifikabilität durch äußere Einflüsse läßt sich mit der Genwirkung vergleichen.

Die genetischen Untersuchungen am Tabakmosaikvirus nahmen ihren Ausgang von der vergleichenden Untersuchung verschiedener Stämme des Tabakmosaikvirus.

MELCHERS [34] hatte aus Tomaten einen dem gewöhnlichen Tabakmosaikvirus nahestehenden Virusstamm isoliert, der charakteristische Unterschiede zu dem typischen Tabakmosaikvirus in der Symptomausprägung bei verschiedenen Tabakrassen zeigt. Dieser Virusstamm wurde als dahlemense-Stamm bezeichnet, zum Unterschied von dem vulgare-Stamm, bei dem STANLEY zum ersten Mal das Tabakmosaikvirus rein dargestellt hatte. Sowohl beim dahlemense-Stamm wie beim vulgare-Stamm des Tabakmosaikvirus wurden von MELCHERS Mutanten isoliert, die statt der normalen Dunkelgrün- und Hellgrün-Färbung als Sekundärsymptom eine Gelbfärbung auf den Tabakpflanzen erzeugen. Die aus dem vulgare-Stamm entstandene Mutante wurde als flavum, die aus dem dahlemense-Stamm entstandene als luridum bezeichnet.

Der Vergleich dieser vier Stämme ergibt, daß verschiedenartige Abänderungen am Tabakmosaikvirus möglich sind, die sowohl die Wirtsspezifität wie die Symptomausprägung betreffen. So wurde damals die Frage aufgeworfen, ob das Tabakmosaikvirus nicht besser mit einem Chromosomenstück als mit einem einzelnen Gen zu vergleichen wäre. Wenn diese Vorstellung zutrifft, mußte das stäbchenförmige Molekül des Tabakmosaikvirus seiner ganzen Länge nach aus heterogenen Abschnitten bestehen. SCHRAMM [35] fand 1943, daß das Tabakmosaikvirus vom Molekulargewicht 40 Millionen durch milde alkalische Spaltung in Teilstücke vom Molekulargewicht 360000 zerlegt wird. Bei Ansäuerung aggregieren diese Spaltstücke wieder zu stäbchenförmigen Gebilden. Die biologische Aktivität geht bei der Spaltung verloren und wird durch die Aggregation nicht wieder hergestellt.

FRIEDRICH-FREKSA, MELCHERS und SCHRAMM (1946) [36] untersuchten, ob die biologisch unterschiedenen Stämme auch chemisch und serologisch faßbare Unterschiede aufweisen. Überraschenderweise ergab sich, daß auch ein so kleiner Unterschied, wie er bei einem einzelnen Mutationsschritt von dem vulgare-Stamm zu dem flavum-Stamm anzunehmen war, noch durch Unterschiede der elektrophoretischen Wanderungsgeschwindigkeit und serologisch nachweisbar war. Die Erklärung dafür konnte in der Untersuchung der Spaltstücke gefunden werden, es zeigte sich nämlich, daß die Spaltstücke sich elektrophoretisch und serologisch als einheitlich erweisen. Daraus ging hervor, daß das Eiweiß des Tabakmosaikvirus aus gleichartigen Untereinheiten besteht und daß die

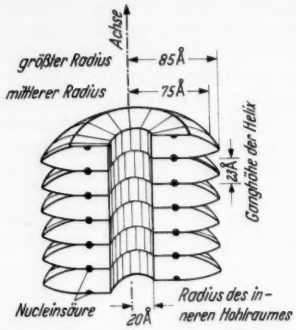


Fig. 5. Modell des Tabakmosaikvirus mit schematischer Anordnung der Eiweißuntereinheiten und des Nucleinsäurestranges in 6 der 130 Windungen der Schraubenlinie. (Nach FRANKLIN, KLUG and HOLMES, 1957, aus A. GIERER [38])

Unterschiede, die zwischen den verschiedenen Stämmen vorhanden sind, nicht nur an einer Stelle des Riesenmoleküls vorkommen, sondern sich so oft wiederholen, wie gleichartige Untereinheiten vorhanden sind. Die weitere Untersuchung im Schrammschen Laboratorium und in Berkeley, Californien, ergab, daß das Eiweiß des Tabakmosaikvirus aus 2200 gleichartigen Polypeptidketten besteht. Es ist möglich, auch aus denaturierten Polypeptidketten durch Reaggregation wieder die charakteristischen Hohlzylinder des Tabakmosaikvirus zu erhalten (ANDERER 1959 [37]).

Die vor allem in englischen Laboratorien durchgeführten Röntgenstrukturuntersuchungen (WATSON, FRANKLIN, KLUG und HOLMES, vgl. A. GIERER 1960) haben zu dem Strukturbild geführt, das in Fig. 5 wiedergegeben ist. Einzelne Segmente, die den einzelnen Polypeptidketten entsprechen, sind in einer Schraubenlinie zu einem Hohlzylinder zusammengefügt. Eine Windung enthält $16^1/_3$ Segmente. Nach drei Windungen liegt das 50. Segment wieder über dem ersten. Die ganze Länge dieses Stäbchens besteht aus 130 Windungen. Das gesamte Molekül besteht aus etwa 2200 gleichartigen Polypeptidketten. Wir bezeichnen als Primärstruktur die Sequenz der Aminosäuren in der einzelnen Polypeptidkette, als Sekundär- und Tertiärstruktur die Windungsart und räumliche Auffaltung dieser Peptidkette zu Segmenten und als Quartärstruktur den Zusammenschluß der einzelnen Segmente zum Hohlzylinder. Das Beispiel des Tabakmosaikvirus zeigt, daß mit der Primärstruktur bereits Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur mitbestimmt sein können. Es ist sogar in dem Hohlzylinder noch eine Lücke für den Nucleinsäurefaden vorgesehen (vgl. Fig. 5). Die Länge des Hohlzylinders wird durch den Nucleinsäurefaden bestimmt. So ist es möglich,

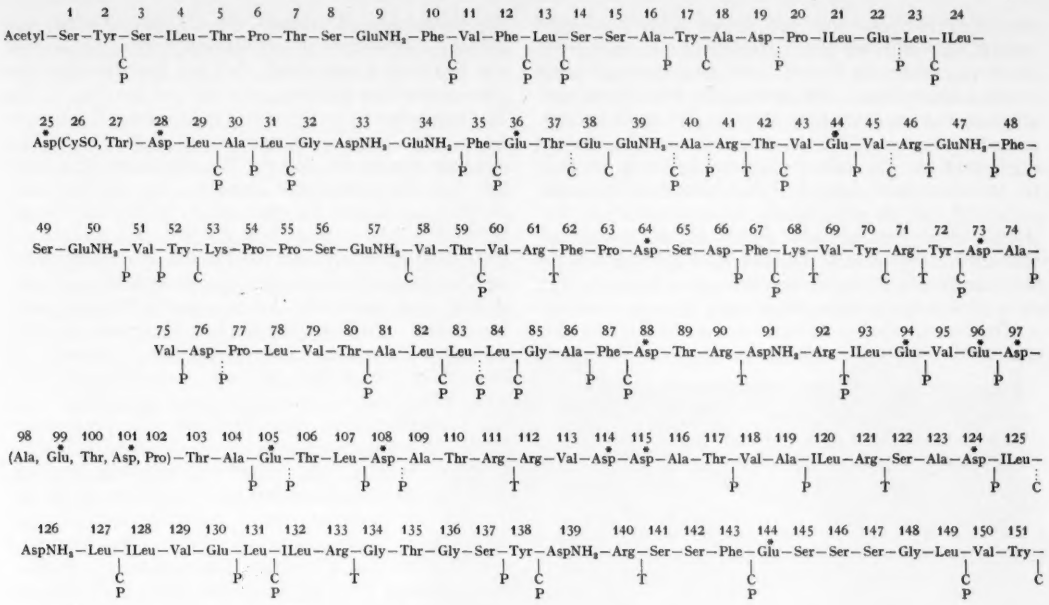


Fig. 6. Die Aminosäuresequenz einer Polypeptidkette des Tabakmosaikvirus. [Nach F. A. ANDERER, H. UHLIG, E. WEBER und G. SCHRAMM, Nature [London] **186**, 922 (1960)]

wie FRAENKEL-CONRAT und WILLIAMS gezeigt haben, durch Reaggregation von Nucleinsäure und Protein Tabakmosaikvirusstäbchen von der normalen Länge von 300 mμ zu erhalten.

Die einzelne Polypeptidkette des Tabakmosaikvirus enthält nach H. G. WITTMANN und G. BRAUNITZER 157 Aminosäuren [*39*] (W. M. STANLEY [pers. Mitteilung] gibt 158 an). Die vollständige Sequenz dieser Aminosäuren konnte von ANDERER, UHLIG, WEBER und SCHRAMM (1959) [*40*] bis auf einige wenige ungenügend gesicherte Stellen aufgeklärt werden und ist in Fig. 6 wiedergegeben.

Es ist jetzt möglich, auch die Unterschiede, die zwischen verschiedenen Stämmen und Mutanten des Tabakmosaikvirus bestehen, mit der Zusammensetzung ihrer einzelnen Polypeptidketten in Zusammenhang zu bringen. BRAUNITZER und WITTMANN [*39*] haben dabei die von INGRAM zuerst erfolgreich bei der Untersuchung des Sichelzellen-Hämoglobins angewandte tryptische Spaltung benutzt. Durch tryptische Spaltung des Tabakmosaikvirus-Proteins werden 12 Peptidketten verschiedener Länge erhalten, die nach der Reihenfolge, in der sie in der Säulenchromatographie getrennt werden, als Peptide 1 bis 12 bezeichnet werden. Fig. 7 zeigt den Unterschied zwischen dem vulgare- und dem dahlemense-Stamm, wie er sich nach den Untersuchungen von WITTMANN (1960) ergibt [*41*]. Dabei ist zwischen Glutaminsäure und Glutaminsäureamid bzw. zwischen Asparaginsäure und Asparaginsäureamid nicht unterschieden. Bei beiden Stämmen besteht die Polypeptidkette aus 157 (158) Aminosäuren. Beim dahlemense-Stamm treten bei der tryptischen Spaltung nur 10 Peptide statt 12 Peptide auf; das liegt daran, daß zweimal die Aminosäure Arginin, hinter der das Trypsin spaltet, durch eine andere Aminosäure ersetzt ist. Dennoch lassen sich die Spaltstücke genau miteinander homologisieren, denn das Peptid 3 mit 20 Aminosäuren von dahlemense entspricht den 20 Aminosäuren von Peptid 1

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D
Arg	1		1	1	1	1	1		1	1	2	2	1	1	1	1	–	–	–	–	1	1	1	1
Lys	–		–	–	1	1	–		–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–
Asp	–		1	1	–	–	1		–	–	2	2	3	2	3	3	2	1	–	2	2	3	4	3
Thr	1		–	–	1	3	1		–	–	1	1	4	4	2	2	–	–	2	3	–	–	4	3
Ser	–		–	–	2	2	1		–	–	–	–	–	1	–	–	1	–	6	4	1	1	5	6
Glu	1		–	–	3	5	–		–	–	–	–	4	5	–	–	–	–	1	2	1	1	6	6
Pro	–		–	–	2	2	–		–	–	–	–	1	1	1	1	1	1	1	1	–	–	2	2
Gly	–		–	–	–	–	2		–	–	–	–	–	–	1	1	–	1	2	3	–	–	1	1
Ala	–		–	–	–	–	–		–	–	2	2	3	2	3	2	–	–	1	2	1	1	4	2
Val	2		–	–	3	3	–		1	1	2	2	1	1	2	1	–	1	1	1	1	2	1	3
Met	–		–	–	–	–	–		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
JIleu	–		–	–	–	–	–		–	–	1	1	1	1	–	1	–	–	–	–	3	1	3	2
Leu	–		–	–	–	–	–		–	–	–	–	1	1	4	4	–	–	1	2	2	2	4	4
Tyr	–		–	–	–	–	1		1	1	–	–	–	–	1	1	–	1	–	1	–	–	1	1
Phe	–		–	–	1	2	–		–	–	–	–	–	–	1	1	2	1	1	1	–	–	3	3
Cys	–		–	–	–	–	–		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1
Try	–		–	–	1	1	–		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	1	1
	5		2	2	15	20	7		3	3	10	10	19	19	19	19	7	7	17	24	12	12	41	41

together with peptide No III

together with peptide No X

V = Vulgare; D = Dahlemense

Fig. 7. Die Unterschiede in der Aminosäurezusammensetzung des vulgare- und des dahlemense-Stammes des Tabakmosaikvirus in 12 bzw. 10 typischen Peptiden. (Nach WITTMANN [*49*])

und 3 bei vulgare. Ebenso entspricht das Peptid 10 von dahlemense mit 24 Aminosäuren den 17 Aminosäuren von Peptid 4 und 10 von vulgare. Bei der Vergleichung beider Peptidketten ergibt sich, daß bei dahlemense insgesamt 44 Aminosäuren von den 157 durch andere Aminosäuren ersetzt sind. Besonders bemerkenswert ist, daß in Polypeptid 10 bei dahlemense das Methionin auftritt, welches in vulgare vollständig fehlt. Hingegen besteht der Unterschied zwischen dem Stamm flavum und dem Stamm vulgare,

der möglicherweise nur auf einem Mutationsschritt beruht, auch nur auf dem Unterschied von einer einzigen Aminosäure: im Peptid 12 ist eine Asparaginsäure durch Alanin ersetzt. Mutanten mit dem charakteristischen flavum-Symptom wurden mehrfach isoliert. Jedesmal fand sich bei ihnen nur dieser Unterschied im Peptid 12. Da mehrere Asparaginsäuren im Peptid 12 vorkommen, kann bis jetzt nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob jedesmal die Asparaginsäure an derselben Stelle der Sequenz durch Alanin ersetzt ist. Immerhin zeigt dieses Beispiel, daß gelegentlich — wenn auch sehr selten — Mutationen auftreten, die in ihrer Molekularstruktur vollständig übereinstimmen.

Da immer wieder Mutationen auftreten, die bestimmte Stellen in der Aminosäuresequenz abändern,

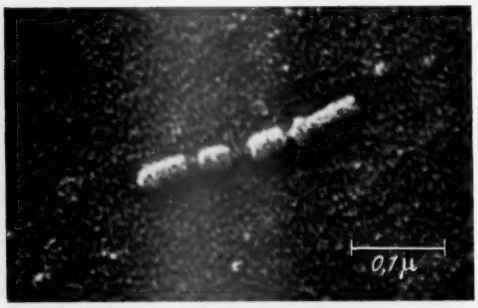


Fig. 8. Stäbchen des Tabakmosaikvirus mit teilweise abgelöstem Eiweiß, so daß im Inneren des Stäbchens der Nucleinsäurefaden zum Vorschein kommt. Vergr. 150000×. (Nach G. SCHRAMM [43])

so muß man sich darüber wundern, daß eine Sequenzanalyse möglich ist, d. h., daß mehr als 95 % des Tabakmosaikvirus verschiedener Provenienz in der Struktur übereinstimmt. Diese Übereinstimmung ist bereits aus verschiedenen Laboratorien gesichert für das große Peptid mit 41 Aminosäuren, mit dem die Kette anfängt und das in dem Schema von WITTMANN als Nr. 12 bezeichnet ist. Bei anderen Peptiden bestehen noch Unstimmigkeiten, die aber vermutlich nicht auf Verschiedenheit des Materials, sondern auf Fehler in der Analyse zurückgehen. MELCHERS hat bei Mischinfektionen von vulgare und flavum gefunden, daß unter normalen Zuchtbedingungen der infizierten Pflanzen das flavum-Virus neben dem vulgare-Virus fast ganz zurücktritt. So muß man annehmen, daß wahrscheinlich die Abänderung jeder Aminosäure zu einem Selektionsnachteil führt. Erst wenn eine große Zahl von Mutationen sich akkumuliert, kann eine neue Form entstehen, wie dahlemense, die neben dem vulgare-Virus in der Natur bestehen kann.

In diesem Zusammenhang ist auch auf verschiedene Abänderungen des menschlichen Hämoglobins hinzuweisen, bei denen jeweils nur eine einzige Aminosäure verändert ist. In mehreren Fällen hat man bei heterozygoten Individuen gefunden, daß das veränderte Hämoglobin in den Blutkörperchen in geringerer Menge als das normale vorhanden ist.

e) Nucleinsäuren als Erbsubstanz

Schon 1940 wurde im Dahlemer Arbeitskreis die Vermutung ausgesprochen, daß Nucleinsäuren als Matrizen bei der Eiweißbildung wirken und selbst zur genetischen Substanz gehören (FRIEDRICH-FREKSA 1940 [42]). Aber damals wußte man noch nicht, daß die Nucleinsäuren, ebenso wie die Eiweißstoffe, spezifische Sequenzen ihrer Grundbausteine aufweisen, nur mit dem Unterschied, daß bei den Eiweißstoffen 20 verschiedene Aminosäuren variiert werden, bei den Nucleinsäuren aber nur vier verschiedene Nucleotide. So wurde damals angenommen, daß die Eiweißstruktur primär ist und die Nucleinsäuren sich lediglich der Eiweißstruktur anpassen, um dadurch eine Matrize zu liefern für ein neu zu bildendes Eiweißmolekül. 1944 wurde von AVERY, MACLEOD und MCCARTY gefunden, daß die Transformationsfaktoren bei Pneumokokken aus Desoxyribosenucleinsäure bestehen, und damit die Autonomie der Nucleinsäuren begründet. Desoxyribosenucleinsäure aus kapselbildenden Pneumokokken vermag bei Stämmen, die keine Kapseln bilden können, in erblicher Weise diese Fähigkeit zur Kapselbildung auszulösen. Aus den kapselbildenden Bakterien läßt sich dann später die Nucleinsäure wiedergewinnen, die spezifisch diese Fähigkeit besitzt. Sie verhält sich also wie ein Gen, zeigt Autoreduplikation und eine spezifische Wirkung. Hiermit war zunächst gezeigt, daß auch Desoxyribosenucleinsäure Erbsubstanz sein kann. Die Versuche von HERSHEY und CHASE an Bakteriophagen ergaben, daß bei diesen DNS allein die genetische Substanz ist. WATSON und CRICK (1953) erkannten, daß die Desoxyribosenucleinsäure aus zwei umeinander gewundenen Strängen besteht. Damit ergab sich eine Erklärungsmöglichkeit für die Reduplikation. Jeder der beiden Stränge ist dem anderen komplementär und kann bei der Neubildung als Matrix für die Entstehung eines neuen Stranges dienen.

Die Entdeckung von AVERY, MACLEOD und MCCARTY war gleichzeitig das erste Beispiel einer biologischen Wirkung einer isolierten Desoxyribosenucleinsäure. Bei der hochmolekularen Ribosenucleinsäure wurde der Beweis für ihre biologische Wirkung in Tübingen durch die Entdeckung der Infektiosität der Ribosenucleinsäure aus Tabakmosaikvirus erbracht. Unabhängig kamen FRAENKEL-CONRAT, SINGER und WILLIAMS in Berkeley zum gleichen Ergebnis. SCHRAMM, SCHUMACHER und ZILLIG [43] hatten bereits 1955 gefunden, daß vom Tabakmosaikvirus etwa die Hälfte des Proteins entfernt werden kann, ohne daß die Infektiosität verlorengeht. In dieser Weise behandelte Stäbchen zeigen ein Bild, wie es in Fig. 8 wiedergegeben ist. Im Inneren des Stäbchens ist der Nucleinsäurefaden zu erkennen. Durch Behandlung mit Phenol läßt sich das Protein vollständig entfernen. GIERER und SCHRAMM [44] fanden, daß die verbleibende eiweißfreie Nucleinsäure noch infektiös ist, d. h., sie ruft beim Einreiben auf Pflanzen die typischen Symptome des Tabakmosaikvirus hervor, und aus den Pflanzen läßt sich dann das vollständige Tabakmosaikvirus isolieren, bei dem die Nucleinsäure dann wieder von ihrer spezifischen Eiweißhülle umgeben ist. Daraus geht hervor, daß die isolierte Nucleinsäure die Fähigkeit hat, in der Zelle der Tabakpflanze die Bildung eines spezifischen Eiweißstoffes hervorzurufen, der vorher in der Pflanze nicht vorhanden war.

Im Vergleich zum ursprünglichen Tabakmosaikvirus ist die Infektiosität der Nucleinsäure wesentlich geringer. Durch entsprechende Kontrollversuche konnte aber der Einwand ausgeschaltet werden, daß die Infektiosität der Nucleinsäure nur auf geringen Beimengungen von vollständigem Tabakmosaikvirus

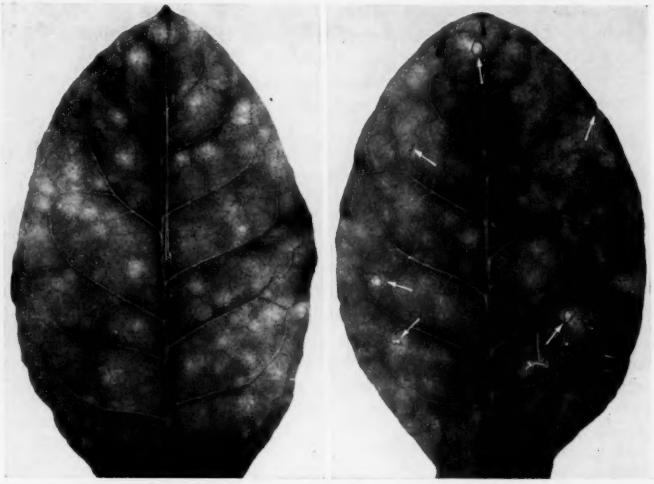
beruht. So verliert z. B. isolierte Nucleinsäure nach Ribonuclease-Behandlung ihre Aktivität, während das vollständige Tabakmosaikvirus dadurch nicht beeinträchtigt wird. Umgekehrt wird das vollständige Tabakmosaikvirus durch Antikörper spezifisch inaktiviert, die infektiöse Nucleinsäure nicht. GIERER [45] konnte weiter feststellen, daß die infektiöse Nucleinsäure ein Molekulargewicht von etwa 2 Millionen besitzt. Die physikalisch-chemische Untersuchung der hochmolekularen Ribosenucleinsäure ergab, daß sie im Gegensatz zur normalen Desoxyribosenucleinsäure Einstrang-Natur besitzt. Für die Übertragung der genetischen Information ist die Erkenntnis bedeutungsvoll, daß die Spaltung einer einzigen Bindung mit Ribonuclease bei der hochmolekularen Ribosenucleinsäure zum Verlust der Infektiosität führt. Im Anschluß an diese Entdeckung wurden auch bei anderen ribosenucleinhaltigen Viren, wie Polio- und Pferdeencephalitis, infektiöse Ribosenucleinsäuren isoliert (vgl. A. GIERER 1960 [38]). Hierbei ist merkwürdig, daß alle diese Ribosenucleinsäuren aus verschiedenen Viren annähernd dieselbe Größe haben.

Hiermit ist zunächst nur erwiesen, daß Virus-Ribosenucleinsäure die Fähigkeit hat, die Bildung eines spezifischen Eiweißes in der infizierten Zelle hervorzurufen, und es ist die Frage zu stellen, ob auch normalerweise in den Zellen der Lebewesen hochmolekulare Ribosenucleinsäuren die Informationsträger für die Eiweißsynthese sind. GIERER [46] fand, daß bei Pflanzen, Tieren und Bakterien eine Ribosenucleinsäure von entsprechender Größe und ähnlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften vorkommt. GROS konnte in letzter Zeit zeigen, daß durch Einbau von Fluor-Uracil in Ribosenucleinsäure bei Bakterien (E. coli) die Herstellung von abgeänderten Fermenten bewirkt werden kann.

f) Mutationen durch chemische Abänderungen einzelner Nucleotide

Bereits am Anfang der Dahlemer Arbeiten über das Tabakmosaikvirus versuchte SCHRAMM, durch chemische Einwirkung auf das Virus Mutationen zu erzeugen. Es wurden Acetyl- und Phenylisocyanat-Derivate des Virus hergestellt. Da diese Abänderungen aber nur das Eiweiß betrafen, waren diese Versuche erfolglos. Nachdem erkannt war, daß die Ribosenucleinsäure die genetische Substanz ist, wurden diese Versuche an der infektiösen Ribosenucleinsäure wieder aufgegriffen.

SCHUSTER und SCHRAMM [47] fanden, daß durch Behandlung der infektiösen Nucleinsäure des Tabakmosaikvirus mit salpetriger Säure bei p_H 4,3 eine Desaminierung von Adenin, Cytosin und Guanin bewirkt wird, ohne daß das Molekulargewicht verändert wird. Es ergab sich ferner, daß durch eine Eintreffer-Reaktion eine Inaktivierung der Nucleinsäure stattfindet. Aber es besteht nur eine Wahrscheinlichkeit von 50%, daß eine Einzeldesaminierung zum Verlust der Infektiosität führt. Da die hochmolekulare infektiöse Nucleinsäure über 6000 Nucleotide enthält, ist daraus zu schließen, daß nur bei etwa 3000 Nucleotiden eine Desaminierung zur Inaktivierung führt, während bei den anderen 3000 die Infektiosität erhalten bleibt. Da aber auch hierbei eine Änderung der genetischen Substanz eintritt, so lag es nahe, zu untersuchen, ob nicht auf diese Weise erbliche Änderungen erzeugt werden können. GIERER und MUNDRY [48] zeigten, daß erbliche Änderungen in der Symptomausprägung durch Behandlung der infektiösen Nucleinsäure mit Nitrit entstehen. So erzeugt das normale Tabakmosaikvirus, der sog. vulgare-Stamm, und ebenso die infektiöse Nucleinsäure aus diesem Stamm auf



a b

Fig. 9. a Blatt des Java-Tabaks einige Tage nach Inokulation des TMV-Stammes vulgare. Die Infektionsherde sind als leichte Chlorosen sichtbar. b Wie a, doch Inokulation mit vulgare, das 20 min bei p_H 4,2 in 1 Mol $NaNO_2$ inkubiert worden war. Neben den Chlorosen des Ausgangsmaterials sind sechs nekrotische Infektionsherde sichtbar (s. Pfeile). (Nach K. W. MUNDRY und A. GIERER [48b])

Blättern von Java-Tabak nur leichte diffuse Aufhellungen (Fig. 9), während nach Behandlung mit Nitrit auf Java-Tabak im Verhältnis der Behandlungsdauer in steigendem Maße Flecken mit völlig ab-

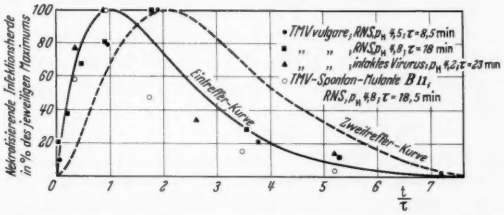


Fig. 10. Abhängigkeit zwischen der absoluten Zahl je Blatt gefundener nekrotisierender Mutanten und der Dauer der Nitrit-Einwirkung, letztere dargestellt durch den Quotienten „Behandlungsdauer: reduzierte Zeit". (Nach K. W. MUNDRY und A. GIERER [48b]

gestorbenem Gewebe (nekrotische Läsionen) auftreten. Nach Abimpfen von diesen Herden ergibt sich, daß dieses Symptom in konstanter Weise vererbt wird. Die quantitative Auswertung zeigt, daß die Mutationserzeugung ebenso wie die Inaktivierung (Fig. 10 und Fig. 11) einer Eintreffer-Kurve folgt. Die absolute Zahl der pro Blatt gefundenen nekrotisierenden Mutanten nimmt bis zu einem Maximum zu (Fig. 10), um

dann wieder abzufallen. Der Grund dafür ist, daß neben der Mutationserzeugung durch Nitrit auch die Inaktivierung abläuft, so daß sich zwei Exponentialkurven überlagern. Da im Maximum etwa das 20fache der Spontanmutationsrate erreicht wird, während die

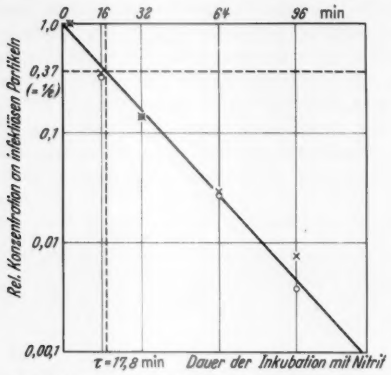


Fig. 11. Inaktivierungskurve des Tabakmosaikvirus nach Inkubation mit Nitrit. O——O Teste auf Java-Tabak; ×——× Teste auf Xanthi-Tabak. Die für eine Inaktivierung auf 37% jeweils benötigte Zeit gibt die „reduzierte Zeit". (Nach K. W. MUNDRY und A. GIERER [48b])

Inaktivierung nur etwa auf die Hälfte abgesunken ist, so ergibt sich daraus klar, daß es sich wirklich um eine Mutation handelt und nicht um eine Selektion von nitritresistenten Varianten. Überraschend ist, daß schließlich bis zu 25% der Überlebenden nekrotische

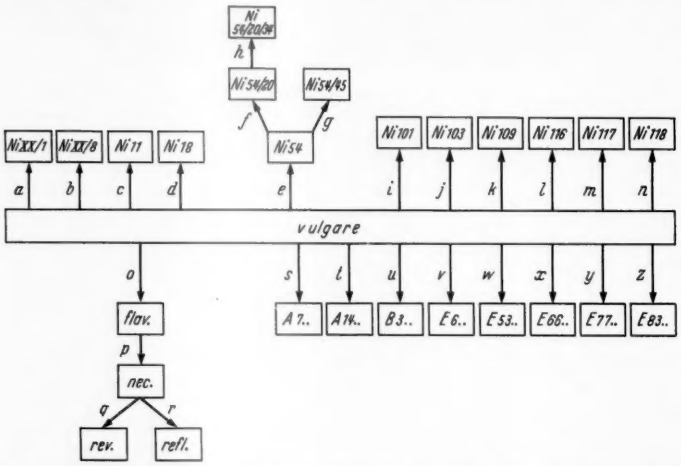


Fig. 12. Schema von 26 verschiedenen Mutanten des vulgare-Stammes. Nach oben aufgetragen: Nitrit-Mutanten, nach unten aufgetragen: Spontan-Mutanten. (Nach WITTMANN [49])

Läsionen ergeben. Die quantitative Auswertung zeigt, daß die Desaminierung von ungefähr 180 verschiedenen Nucleotiden zu dem gleichen phänotypischen Nekrosesymptom führt.

Es war anzunehmen, daß die Abänderung der Sequenz der Nucleotide in der Nucleinsäure zu einer Abänderung der Sequenz der Aminosäuren des Tabakmosaikvirus führt. Diese Frage wurde von WITTMANN [49] an 14 verschiedenen durch Nitrit erzeugten Mutanten des Tabakmosaikvirus untersucht. Bei sechs Mutanten konnte keine Änderung der Aminosäurezusammensetzung gefunden werden, bei den acht anderen Mutanten ergaben sich folgende Änderungen: dreimal war eine Asparaginsäure durch Glykokoll ersetzt, zweimal eine Asparaginsäure (oder das Amid) durch Alanin, einmal Glutaminsäure (oder das Amid) durch Glykokoll, einmal Prolin durch Leucin, einmal ein Serin durch Phenylalanin und Glutaminsäure durch Valin. Die Tatsache, daß mehrere Mutanten gefunden wurden, die sich nicht in der Aminosäurezusammensetzung unterschieden, ist vielleicht dadurch zu erklären, daß von der infektiösen Ribosenucleinsäure des Tabakmosaikvirus in der Pflanzenzelle auch noch andere Stoffe als nur das Hüllprotein gebildet werden. Diese Vermutung wird durch informationstheoretische Überlegungen gestützt. Bei der Zuordnung der Sequenz der Nucleinsäure zu einer Sequenz der Eiweißstoffe handelt es sich um die Darstellung eines Zeichensystems von 20 Elementen (Aminosäuren) durch ein Zeichensystem von 4 Elementen (Nucleotiden). Wie bei der Darstellung des gewöhnlichen Alphabets durch ein Morsealphabet muß man mehr Elemente aneinander reihen, um mit dem weniger Zeichen enthaltenden System die Anordnung wiederzugeben. Drei Nucleotide würden genügen, um eine Aminosäure zu definieren. Wenn zur Lokalisation einer bestimmten Aminosäure viel mehr Nucleotide benutzt würden, dann wäre nicht zu verstehen, daß mit Nitrit eine so überraschend hohe Ausbeute an beobachtbaren Mutationen zu finden ist. Zur Darstellung der 158 Aminosäuren langen Polypeptidkette des Tabakmosaikvirus würden 600 Nucleotide genügen, und 6000 sind vorhanden.

WITTMANN hat bisher 14 Nitritmutanten und 12 Spontanmutanten untersucht (vgl. Fig. 12). Hierbei war in 12 Fällen keine Änderung der Aminosäurenzusammensetzung nachweisbar, in 14 Fällen war eine solche vorhanden. Indessen kann daraus noch nicht geschlossen werden, daß etwa die Hälfte der Nucleinsäurekette für die Herstellung des normalen Proteins erforderlich ist, denn es sind nur solche Mutanten isoliert worden, die nach ihrem veränderten Krankheitsbild erkennbar waren. Das könnte aber bereits eine Auswahl sein, bei der Änderungen im Hüllprotein bevorzugt in Erscheinung treten. Wenn man als funktionelles Gen den Abschnitt einer Nucleinsäurekette definiert, der für die Bildung einer bestimmten Polypeptidkette verantwortlich ist, so ist das Zuordnungsverhältnis von der experimentellen Seite her noch um etwa einen Faktor 5 unbestimmt. In verschiedenen Laboratorien der Welt wird zur Zeit versucht, diesem „coding-problem" auf die Spur zu kommen.

Bei der Desaminierung der Nucleinsäuren mit Nitrit entsteht aus Adenin Hypoxanthin, aus Guanin Xanthin und aus Cytosin Uracil (Fig. 13). Während in den beiden ersten Fällen also Basen erzeugt werden, die normalerweise in der RNS nicht vorkommen, wird im letzten Fall das Uracil gebildet, das auch natürlicherweise vorhanden ist. Es war daran zu denken, daß vielleicht gerade diese Umänderung zu Mutationen

führt, während die beiden anderen vielleicht nur Inaktivierungen hervorrufen.

Da die Desoxyribosenucleinsäure anstelle von Uracil Thymin enthält, kann bei ihr durch Nitritbehandlung kein Nucleotid entstehen, das in ihr bereits enthalten ist. So war es nicht von vornherein sicher, daß auch bei DNS-haltigen Viren, den Bakteriophagen, Mutationen durch Nitrit erzeugt werden können. VIELMETTER und WIEDER [*50*] führten beim Phagen T 2 den Nachweis, daß auch bei Bakteriophagen in einer Eintreffer-Reaktion Mutationen entstehen, d.h. also, daß aus den Nachkommen des einzelnen mutierten Phagen sowohl normale wie mutierte Individuen entstehen können. Diese Beobachtung steht in vorzüglicher Übereinstimmung mit dem Modell von WATSON und CRICK, nach dem jede einzelne Kette die volle genetische Information enthalten sollte. Wenn in einer Eintreffer-Reaktion nur ein Nucleotid in einer Kette abgeändert wird, so sollten die Nachkommen dieser Kette die Mutation zeigen, während die Nachkommen der unveränderten Kette normal sind. Auf diese Weise ist es zu verstehen, daß gemischte Kolonien zustande kommen. Die Phagen enthalten in ihrer Nucleinsäure anstelle des Cytosins das Oxymethylcytosin und ferner Adenin, Guanin und Thymin. Das Thymin enthält keine Aminogruppe und kann deshalb nicht desaminiert werden. Es entsteht die Frage, ob die Desaminierung von jeder der drei übrigen Basen zur Mutation führt oder ob nur die Desaminierung verschiedener Basen dafür verantwortlich ist. Diese Frage konnte von SCHUSTER und VIELMETTER (1960) weiter geklärt werden. Es zeigte sich nämlich zunächst, daß bei der Behandlung der DNS durch Nitrit im Gegensatz zur RNS nicht alle drei Basen gleich häufig desaminiert werden. Die Doppelstrangnatur der DNS führt dazu, daß das Adenin hier weitgehend geschützt ist und nur in geringem Maße durch Nitrit angegriffen wird. So kommen für die Mutationsentstehung durch Nitrit vor allem die Desaminierung von Guanin und Cytosin in Frage. Durch Durchführung der Desaminierung bei p_H 4 und p_H 5 konnte auch zwischen diesen beiden Basen differenziert werden. Ebenso wie bei der Nucleinsäure des Tabakmosaikvirus tritt bei den Phagen neben der Mutationserzeugung auch eine Inaktivierung auf. Beim Übergang vom p_H 4 zu p_H 5 erfolgt eine verlangsamte Reaktion, bei der aber die Inaktivierungsrate in sehr viel geringerem Maße abfällt als die Mutationsrate. Die chemische Untersuchung ergibt, daß bei p_H 5 fast nur noch das Guanin desaminiert wird, aber nicht mehr das Cytosin. Daraus ist zu schließen, daß die Desaminierung des Guanins lediglich zur Inaktivierung führt, während die Desaminierung des Oxymethylcytosins Mutationen hervorruft. Aus Untersuchungen von FREESE ist zu schließen, daß auch die Desaminierung des Adenins Mutationen hervorrufen kann, wenn sie auch nur zu einem viel geringeren Prozentsatz erzeugt werden.

Auch diese Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit dem Watson-Crick-Modell, da nur die 6-amino-Gruppe für die Wasserstoffbrückenbindung mit der komplementären Kette notwendig ist, die 2-amino-Gruppe aber nicht. Beim Cytosin wie beim Adenin ist es die 6-amino-Gruppe, die desaminiert wird, beim Guanin demgegenüber die 2-amino-Gruppe. Diese Gruppe muß aber eine andere, sehr wichtige Funktion haben, sonst könnte ihre Desaminierung nicht zur Inaktivierung führen. Da die Desaminierung des Guanins in einer Eintreffer-Reaktion zur Inaktivierung führt, geht daraus hervor, daß diese Funktion eine solche sein muß, die sich für beide Stränge auswirkt.

Bei Bakterien konnte KAUDEWITZ [*52*] durch Behandlung mit Nitrit Mutationen erzeugen. Der Nachweis, daß auch diese Mutationen durch die direkte Wirkung auf die DNS entstehen, wurde dadurch erbracht, daß die Mutationsrate im Gegensatz zur Inaktivierungsrate unabhängig vom Stoffwechselzustand der Bakterien ist. Bakterien, die sich in starkem Wachstum befinden, werden durch Nitrit in viel stärkerem Maße inaktiviert als solche, die in Wachstumsruhe sind. Das Nitrit bewirkt auch eine Desaminierung der Eiweißstoffe, die sich in diesem Falle auch auf das Wachstum auswirkt. Auch bei den Bakterien wirkt die Mutation durch Nitrit nur auf einen einzel-

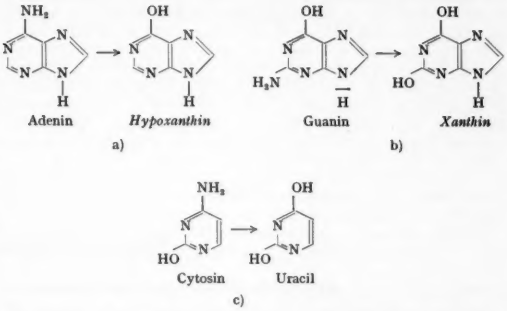


Fig. 13a—c. Desaminierung der Basen (fettgedruckt) der TMV-RNS. Ausgangs- und Reaktionsprodukt durch Pfeil verbunden. Im Fall a und b entstehen Basen (kursiv), die in nativer RNS vermutlich nicht vorkommen. Im Fall c wird eine natürlich vorkommende in eine andere, ebenfalls natürlich vorkommende Base umgewandelt. (Nach K. W. MUNDRY und A. GIERER [*48b*])

nen Strang der DNS, während die Inaktivierung in einem Treffer zwei Stränge gleichzeitig erfaßt. KAUDEWITZ fand, daß dabei die DNS-Synthese gehemmt wird.

IV. Schluß

Wenn man daran zurückdenkt, daß vor 20 Jahren die chemische Natur des Genes in völlige Dunkelheit gehüllt war, wird deutlich, daß seit dieser Zeit eine Reihe wichtiger Erkenntnisse gewonnen wurden. Die Proteine sind als Erbsubstanz entthront und die Nucleinsäuren an ihre Stelle getreten. Die Eiweißstoffe sind bereits Genprodukte und werden durch hochmolekulare Ribosenucleinsäuren erzeugt. Die Mutationseinheit ist ein einzelnes Nucleotid. Die Abänderung eines einzelnen Nucleotids kann zur Abänderung einer einzelnen Aminosäure in der Polypeptidkette führen. Für die Reproduktion der zweisträngigen DNS ist ein Modell gefunden worden, die Entstehung der einsträngigen RNS ist noch ungeklärt. Ein bestimmtes Gen in einem Chromosom kann durch einen bestimmten Stoff zur Ribosenucleinsäure- und Eiweißbildung aktiviert werden.

Für Anregungen und Überlassung von Bildmaterial bin ich den Herren W. BEERMANN, A. BUTENANDT, A. GIERER, J. HÄMMERLING, G. MELCHERS und G. H. WITTMANN dankbar.

Literatur

[1] CORRENS, C.: Gesammelte Abhandlungen zur Vererbungswissenschaft aus Periodischen Schriften, 1899—1924. Berlin: Springer 1924. — [2] CORRENS, C.: In Handbuch der Vererbungswissenschaft, Bd. 2c, S. 3, Berlin: Bornträger 1928. — [3] WETTSTEIN, FR. v.: CORRENS zum Gedächtnis. Z. indukt. Abstamm.- u. Vererb.-Lehre **76**, 12 (1939). — [4] GOLDSCMIDT, R.: Z. indukt. Abstamm.- u. Vererb.-Lehre **23**, 1 (1920); vgl. weiter [7]. — [5] GOLDSCHMIDT, R.: Physiologische Theorie der Vererbung. Berlin: Springer 1927. — [6] GOLDSCHMIDT, R.: Z. indukt. Abstamm.- u. Vererb.-Lehre **69**, 38 (1935). — STERN, C.: Nachruf auf GOLDSCHMIDT. Naturwissenschaften **45**, 429 (1958). — [7] HARTMANN, M.: Die Sexualität. Stuttgart: G. Fischer 1956. — [8] HARTMANN, M.: Naturwissenschaften **13**, 975 (1925). — [9] WETTSTEIN, FR. v.: Ber. dtsch. bot. Ges. **58**, 374 (1940). — [10] STUBBE, H.: Nachruf auf FR. v. WETTSTEIN, Jahrb. der Dtsch. Akad. der Wiss., Berlin 1950/51. — [11] SRAUB, J.: Z. Naturforsch. **2b**, 433 (1947). — [12] SENGBUSCH, R. v.: Züchter **2**, H. 1 (1930); **3**, H. 4 (1931). — [13] STUBBE, H.: Naturwissenschaften **22**, 781 (1934). — [14] BAUR, E.: Z. indukt. Abstamm.- u. Vererb.-Lehre **63**, 256 (1937). — [15] VOGT, C., u. O. VOGT: In: 25 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Bd. II, Die Naturwissenschaften. Berlin; Springer 1936. — [16] TIMOFEEFF-RESSOVSKY, N. W.: Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, N. F. **1**, Nr. 6 (1934). — [17] TIMOFEEFF-RESSOVSKY, N. W., K. G. ZIMMER u. M. DELBRÜCK: Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl., Biol. N. F. **1**, Nr. 13, 189 (1935). — [18] STERN, C.: Biol. Zbl. **51**, 547 (1931). — [19] BAUER, H.: Z. Zellforsch. **23**, 280 (1935). — Zool. Jb., Abt. allg. Zool. u. Physiol. **56**, 239 (1936). — [20] BEERMANN, W.: Z. Naturforsch. **7b**, 237 (1952). — [21] PELLING, C.: Nature [London] **184**, 655 (1959). — [22] BUTENANDT, A., u. P. KARLSON: Z. Naturforsch. **9b**, 389 (1954). — [23] CLEVER, U., u. P. KARLSON: Exp. Cell. Res. **20**, 623 (1960). — [24] WETTSTEIN, FR. v.: Biol. Zbl. **65**, 149 (1946). — [25] MICHAELIS, P.: Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol. **16**, 121 (1951). — [26] BREITENFELD, P. M., u. W. SCHÄFER: Virology **4**, 328 (1957). — FRANKLIN, R. M.: Virology **6**, 81 (1958). — [27] SCHWEIGER, H. G., u. H. J. BREMER: Exp. Cell Res. **20**, 617 (1960). — [28] HÄMMERLING, J.: Planta **52**, 516 (1959); **53**, 522 (1959). — [29] BUTENANDT, A., W. WEIDEL u. E. BECKER: Naturwissenschaften **28**, 63 (1940). — [30] KÜHN, A., u. E. BECKER: Biol. Zbl. **62**, 303 (1942). — [31] BUTENANDT, A., W. WEIDEL u. H. SCHLOSSBERGER: Z. Naturforsch. **4b**, 242 (1949). — [32] BECKER, E.: Biol. Zbl. **59**, 597 (1939). — [33] BUTENANDT, A.: Naturwissenschaften **46**, 641 (1959). — [34] MELCHERS, G.: Naturwissenschaften **30**, 48 (1942). — [35] SCHRAMM, G.: Naturwissenschaften **31**, 94 (1943). — [36] FRIEDRICH-FREKSA, H., G. MELCHERS u. G. SCHRAMM: Biol. Zbl. **65**, 187 (1946). — [37] ANDERER, F. A.: Z. Naturforsch. **14b**, 642 (1959). — [38] GIERER, A.: Progr. Biophysics **10**, 299 (1960). — [39] BRAUNITZER, G., u. H. G. WITTMANN: Virology **9**, 726 (1959). — [40] ANDERER, F. A., H. UHLIG, E. WEBER u. G. SCHRAMM: Nature [London] **186**, 922 (1960). — [41] WITTMANN, H. G.: Virology (1960, im Druck). — [42] FRIEDRICH-FREKSA, H.: Naturwissenschaften **28**, 376 (1940). — [43] SCHRAMM, G., G. SCHUMACHER u. W. ZILLIG: Z. Naturforsch. **10b**, 481 (1955). — [44] GIERER, A., u. G. SCHRAMM: Z. Naturforsch. **11b**, 138 (1956). — [45] GIERER, A.: Z. Naturforsch. **13b**, 477, 485 (1958). — [46] GIERER, A.: Z. Naturforsch. **13b**, 788 (1958). — [47] SCHUSTER, H., u. G. SCHRAMM: Z. Naturforsch. **13b**, 697 (1958). — [48] GIERER, A., u. K. W. MUNDRY: Nature [London] **182**, 1457 (1958). — MUNDRY, K. W., u. A. GIERER: Z. Vererbungslehre **89**, 614 (1958). — [49] WITTMANN, H. G.: Virology (1960, im Druck). — [50] VIELMETTER, W., u. C. M. WIEDER: Z. Naturforsch. **14b**, 312 (1959). — [51] VIELMETTER, W., u. H. SCHUSTER: Z. Naturforsch. **15b**, 304 (1960). — [52] KAUDEWITZ, F.: Z. Naturforsch. **14b**, 528 (1959). — Abh. Akad. Wiss., Berlin **1960**, 86—91.

Max-Planck-Institut für Virusforschung, Tübingen

Eingegangen am 17. November 1960

Kurze Originalmitteilungen

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich

Durch Elektrolyse bedingte Brechungsindexänderungen in Quarzplatten

Durch Elektrolyseversuche von Quarz zwischen Ag- und Cu-Elektroden in Richtung der *c*-Achse konnten mit freiem Auge sichtbare „Schlieren" erzeugt werden, welche den elektrolysierten Teil gegen den nichtelektrolysierten Teil abgrenzen, wenn die Anode kleiner als der Probenquerschnitt gewählt wird.

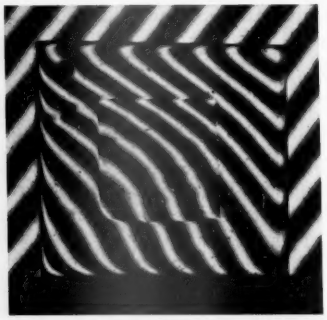


Fig. 1. Interferogramm einer senkrecht zur *c*-Achse geschnittenen Platte nach Elektrolyse in *c*-Richtung zwischen Ag-Elektroden (510° C, 200 V/cm). Das Quadrat im Zentrum entspricht dem Anodenquerschnitt. (Plattengröße: 12,5 × 13,4 mm)

Senkrecht zur *c*-Achse geschnittene dünne Platten solcher Proben wurden im Michelson-Interferometer (Auflicht, verspiegelte Unterlage) untersucht. Fig. 1 zeigt eine solche Platte. Die Anodenkontaktfläche entspricht dem Quadrat in der Mitte. Aus der Streifenverschiebung, welche deutlich eine Änderung des Brechungsindex erkennen läßt, wurde eine Zunahme des Brechungsindex im elektrolysierten Teil um 1×10^{-4} (entsprechend einer durch Elektrolyse eingeführten Ag-Menge von etwa 0,3 mg Ag/cm³ Quarz) berechnet. (Bei Cu-Versuchen mit Proben des gleichen Kristalls wurden Änderungen des Brechungsindex von etwa 6×10^{-5} gefunden). Diese Änderung des Brechungsindex wird u. a. damit erklärt, daß während der Elektrolyse Alkaliionen (vorwiegend Li) durch Ag-Ionen ersetzt werden. Durch nachträgliche Elektrolyse zwischen Pt-Elektroden läßt sich die Änderung wieder rückgängig machen (Auswanderung von Ag^+ und Einwanderung von H^+). Die in Fig. 1 sichtbaren Diskontinuitäten können durch Tempern (z. B. um 900° C, 2 Std) zum Verschwinden gebracht werden (Koagulierung des Silbers).

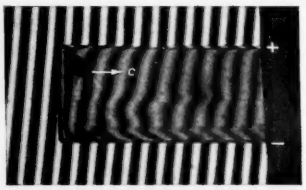


Fig. 2. Interferogramm einer parallel zur *c*-Achse geschnittenen Platte nach Elektrolyse senkrecht zur *c*-Achse zwischen Pt-Elektroden

Nach der Einführung von Gold durch Elektrolyse parallel und senkrecht zur *c*-Achse konnten keine Veränderungen des Brechungsindex festgestellt werden.

Auch Elektrolysen senkrecht zur *c*-Achse zwischen Pt-Elektroden [Versuchsbedingungen bereits[1]) beschrieben] können zu Zonen mit erhöhtem Brechungsindex führen; siehe Fig. 2 (Differenz etwa 1×10^{-5}). In diesem Fall ist die Änderung des Brechungsindex mit der Wanderung von Alkaliionen gekoppelt, welche von einer wandernden Farbzentrenfront begleitet ist[1]).

Die Größe der vorstehend beschriebenen Effekte ist materialabhängig.

Die Quarzplatten wurden in großzügiger Weise von der Firma Ernst Leitz GmbH. in Wetzlar, Deutschland poliert. Die Interferometeraufnahmen konnten im Optik-Prüfraum

der Leitzwerke in Wetzlar gemacht werden. Wir danken den beteiligten Herren Ing. E. STRAUCH, Dr. HORN und Dr. K. MEDENBACH wie auch der Ernst Leitz GmbH für die große Hilfe.

Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich, Schweiz

H. H. PFENNINGER und F. LAVES

Eingegangen am 5. September 1960

[1]) PFENNINGER, H. H., u. F. LAVES: Naturwissenschaften 47, 276 (1960).

Defektkanäle in der optischen Achse von Quarzkristallen

G. KLEMM[1]) sah in der fadenartigen Goldabscheidung, die nach Elektrolysen von Quarzkristallen in Achsenrichtung zwischen Goldelektroden stets zu beobachten war, einen Hinweis auf die Existenz von Kanälen entlang der optischen Achse dieser Kristalle.

Die bei eigenen Versuchen beobachteten Abscheidungsformen von Gold und Silber nach Elektrolysen zwischen

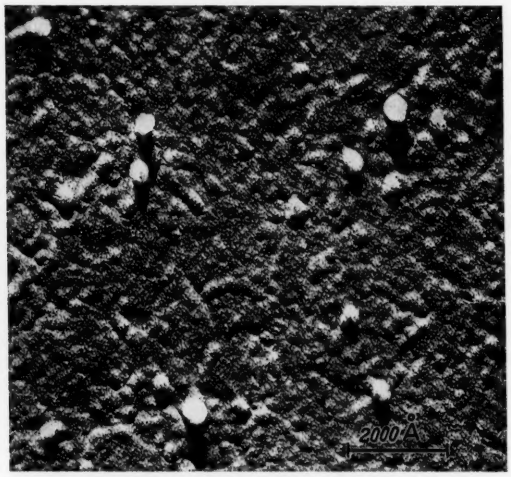


Fig. 1. Elektronenmikroskopische Aufnahme (Abdruck) der Quarzoberfläche. Schnittlage senkrecht zur optischen Achse

Elektroden aus diesen Metallen deuteten ebenfalls in dieser Richtung, zumal einerseits die Einwanderung der Metalle senkrecht zur *c*-Achse nur unter extremen Bedingungen zu beobachten war und andererseits die Silber- und Gold-Elektrolysen in *c*-Richtung in mancher Beziehung gleiche Resultate lieferten. Hierdurch ergab sich die Wünschbarkeit elektronenmikroskopischer Untersuchungen von Quarzoberflächen, die senkrecht und parallel zur *c*-Achse geschnitten waren.

Oberflächenabdrücke von polierten, unelektrolysierten Nachbarstücken solcher Quarzwürfel, die nach der Elektrolyse starke fadenartige Metallabscheidungen lieferten, zeigten deutliche borstenartige Erhebungen, die als Abbild der Kanalmündungen an der Oberfläche angesehen werden (Fig. 1).

Abdrücke von parallel zur optischen Achse liegenden Quarzoberflächen waren frei von diesen Borsten.

Es wird später an anderem Ort ausführlich über diese Untersuchung berichtet werden.

Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen konnten im Zentrallaboratorium der Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden, Schweiz, durchgeführt werden. Wir danken der Firma Brown, Boveri und besonders Herrn Dr. W. HUGI, Laboratorium für Elektronenmikroskopie, bestens für das großzügige Entgegenkommen.

Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich, Schweiz

H. H. PFENNINGER und F. LAVES

Eingegangen am 18. August 1960

[1]) KLEMM, G.: Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Hessischen Geologischen Landesanstalt Darmstadt, H. 10 (1928).

Die Bestimmung der Empfindlichkeitsverteilung in photographischen Emulsionen

Vor kurzer Zeit berichtete G. HAASE an dieser Stelle[1]) erstmalig über die experimentelle Bestimmung der Empfindlichkeitsverteilung in einer photographischen Emulsion. Eine statistische Theorie der Schwärzungskurve[2]), [3]) verlangt ganz allgemein die Einführung einer solchen Funktion $\beta(i, r^*)$, die innerhalb einer Korngrößenklasse i angibt, mit welcher Häufigkeit Körner existieren, die nach Absorption von r^*-Quanten entwickelbar werden. Ferner läuft, wie die Theorie zeigt, die Bestimmung der Empfindlichkeitsverteilung immer auf das Problem hinaus, aus drei voneinander unabhängigen statisti-

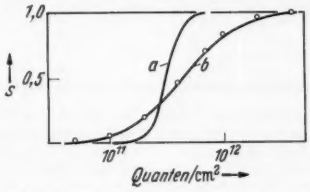


Fig. 1. Theoretisch berechnete Elementarschwärzungskurven. Kurve *a* ohne ($\sigma_\beta = 0$), *b* mit Berücksichtigung einer Empfindlichkeitsverteilung ($\sigma_\beta = 0{,}364$). $r_0^* = 32$. ∘ Experimentell gefundene Schwärzungskurve

schen Faktoren, der Korngrößenverteilung, der Trefferstatistik der Lichtquanten und der Empfindlichkeitsverteilung, allein den letzten Einfluß zu isolieren. HAASE beschritt den Weg, durch Sedimentation bzw. Zentrifugieren sehr einheitliche Kornfraktionen herzustellen, wodurch der Einfluß der Korngrößenverteilung also weitgehend ausgeschaltet wird. Diese Methode gestattet dann, im Prinzip β als Funktion von i, also für verschiedene Kornklassen zu messen. Es gelang nun, Emulsionen herzustellen, die nur eine geringe Streuung in der Korngröße aufweisen. Man konnte also erwarten, daß die Empfindlichkeitsstreuung neben der Größenstreuung mehr in Erscheinung tritt.

Die Fig. 1 gibt für diese Emulsion die Elementarschwärzungskurve wieder, die man aus der experimentellen Schwär-

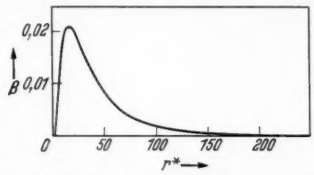


Fig. 2. Die Empfindlichkeitsverteilung für eine spezielle Emulsion. $\sigma_\beta = 0{,}364$; $r_0^* = 32$

zungskurve leicht herleiten kann (Sterne). Ferner ist die theoretisch berechnete Elementarkurve angegeben, wenn nur die Quantenstatistik und die Korngrößenverteilung berücksichtigt werden. Man erhält eine steile, vom experimentellen Befund vollkommen abweichende Kurve.

Durch Einbeziehung einer Empfindlichkeitsverteilung β muß nun diese theoretische Kurve mit dem Experiment zur Übereinstimmung gebracht werden. Das gelingt, wie aus Fig. 1 zu entnehmen ist, mit einer logarithmischen Normalverteilung

$$\beta = \frac{0{,}43}{r^* \sigma_\beta \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\left(\log \frac{r^*}{r_0^*}\right)^2}{2\sigma_\beta^2}\right],$$

mit $r_0^* = 32$ und $\sigma_\beta = 0{,}364$. Es ist in [2]) näher angegeben, wie man die Werte r_0^* und σ_β relativ einfach abschätzen kann. Zu den genauen Werten gelangt man durch einige Versuche, mit veränderten Konstanten r_0^* und σ_β Theorie und Experiment zur Übereinstimmung zu bringen. Die für das gewählte Beispiel gefundene Empfindlichkeitsverteilung β ist in Fig. 2 angegeben; man erkennt, daß das Spektrum verschiedener Empfindlichkeiten sehr breit ist, die Gradation der Schwärzungskurve wird in diesem speziellen Falle nahezu ausschließlich durch die Breite der Empfindlichkeitsverteilung bestimmt.

Die gleichen Untersuchungen an Emulsionen mit enger Kornverteilung (d_0 variiert zwischen 0,3 und 3 μ) führten

immer zu dem Ergebnis, daß logarithmische Normalverteilungen für die Empfindlichkeit vorliegen in Übereinstimmung mit den Messungen von HAASE. Variationen in der chemischen Reifung der genannten Emulsionen ergaben dabei Veränderungen in der Breite der Empfindlichkeitsverteilung zwischen $\sigma_\beta = 0{,}4$ bis $\sigma_\beta = 0{,}18$.

Wissenschaftlich-Photographisches Laboratorium der Agfa AG, Leverkusen

E. KLEIN und E. MOISAR

Eingegangen am 24. September 1960

[1]) HAASE, G.: Naturwissenschaften **47**, 320 (1960). — [2]) MEES, C. E. K.: The theory of the photographic process. New York: Macmillan 1956. — [3]) FRIESER, H., u. E. KLEIN: Phot. Sci. Eng. **4**, 264 (1960).

Ultrarotabsorption des Kupferoxyduls (Cu_2O)

Im Anschluß an eine Arbeit von GROSS und KARRYJEW[1]) über die Ultrarotdurchlässigkeit des Kupferoxyduls wurde mit einem selbstregistrierenden Zweistrahl-Infrarotspektrographen[2]) die Temperaturabhängigkeit der Absorption von polierten, 0,07 bis 0,50 mm dicken polykristallinen Kupferoxydulproben verschiedener Vorbehandlung gemessen.

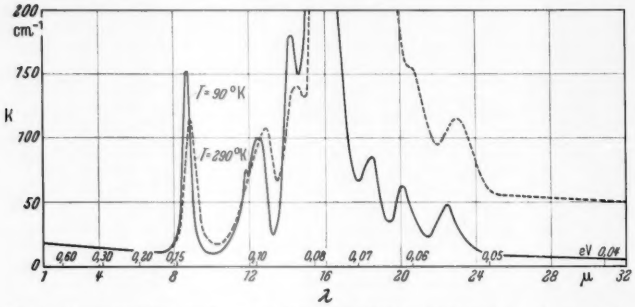


Fig. 1. Absorptionskonstante K des Kupferoxyduls im Gebiet von 1 bis 32 μ für 90° und 290° K

Die integrale Absorption, die Maxima- und Halbwertsbreiten der einzelnen Absorptionsbanden sind bei konstanter Temperatur unabhängig von der Vorbehandlung des Kupferoxyduls und als charakteristisch für das reine Material anzusehen (Fig. 1). Nur im Gebiet von 1 bis 8 μ zeigt die Absorptionskonstante K eine lose Verbindung mit der Leitfähigkeit der Proben, ist jedoch temperaturunabhängig und hat auch keinen Zusammenhang mit der Korngröße der Kristallite der Kupferoxydulproben. Die Absorptionsmaxima befinden sich bei folgenden Wellenlängen: 8,86 μ; 11,96 μ; 12,82 μ; 14,30 μ; 18,8 μ; 20,4 μ und 23,0 μ. Die Wellenlängenverschiebung bei 8,86 μ beträgt $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ eV/Grad und verringert sich auf $0{,}5 \cdot 10^{-5}$ eV/Grad bei 23,0 μ.

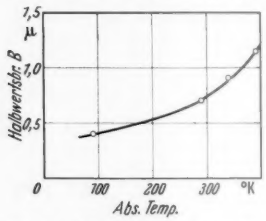


Fig. 2. Halbwertsbreite B der bei 8,9 μ gelegenen Absorptionsbande als Funktion der absoluten Temperatur

Im gemessenen Temperaturbereich von 90° bis 390° K ist die integrale Absorption der bei 8,9 μ gelegenen Bande temperaturunabhängig. Die Halbwertsbreite B dieser Bande wächst stärker als linear mit der Temperatur und scheint bei tiefen Temperaturen gegen einen endlichen Grenzwert zu streben (Fig. 2). Im Wellenlängengebiet zwischen 15 und 17 μ wurden die K-Werte größer als 200 cm^{-1} und konnten nicht bestimmt werden. Nach einem inzwischen von PASTERNAK[3]) veröffentlichten Durchlässigkeitsspektrum für Cu_2O befinden sich in diesem Bereich zwei bei 15,1 μ und 16,4 μ gelegene Absorptionsbanden, deren Absorptionskoeffizienten K auf 10^3 bis 10^4 cm^{-1} geschätzt werden. PASTERNAK deutet die selektiven Absorptionen des Cu_2O im Bereich von 8 bis 24 μ als Gitterschwingungen. Die vorliegenden Messungen lassen vermuten, daß sich die zu Grund- oder Kombinationsschwingungen gehörenden Absorptionsbanden durch verschiedene Temperaturabhängigkeit voneinander unterscheiden. Im Gegensatz zu PASTERNAK wurde bei 7,65 μ keine Absorptionsbande gefunden.

Im Zusammenhang mit den Absorptionsmessungen vorgenommene Messungen des linearen lichtelektrischen Effekts des Kupferoxyduls bei der Temperatur des flüssigen Stickstoffs zeigen einen bis 5 μ nachweisbaren Effekt und ein ausgeprägtes Maximum bei 0,9 μ.

II. Physikalisches Institut der Universität, Halle (Direktor Prof. Dr. G.C. MÖNCH)

HORST FICKELSCHER und WOLFHART ZUKALE

Eingegangen am 3. September 1960

[1]) GROSS, I.F., u. N.A. KARRYJEW: Ber. Akad. Wiss. UdSSR [russ.] **84**, 261 (1952). — [2]) ZUKALE, W.: Diplomarbeit Halle 1958. — [3]) PASTERNAK, I.: Opt. i. Spektrosk. [russ.] **6**, 107 (1959).

Zur Korundstruktur

Der Korund, α-Al_2O_3, wurde strukturell zuerst von W.H. BRAGG[1]) untersucht; später verfeinerten L. PAULING und S. B. HENDRICKS[2]) die Atomparameter. Hiernach kristallisiert Korund in der Raumgruppe $D^6_{3d} - R\bar{3}c$. Die von PAULING ermittelten Parameter sind für

$$\text{Al: } u = 0{,}105 \ (0{,}145)$$
$$\text{O: } v = 0{,}303 \ (-0{,}053).$$

Die Klammerwerte beziehen sich auf den Nullpunkt im Zentrum der Struktur. Die Sauerstoffe bilden eine leicht verzerrte hexagonale Kugelpackung, in der $^2/_3$ der Oktaederlücken durch Al besetzt sind.

Untersuchungen an synthetischen Spinellen[3]) haben ergeben, daß die Kationenverteilung keineswegs so streng erfolgt, wie man bisher angenommen hatte. In diesem Zusammenhang tauchte die Frage auf, ob im Korundgitter die Al-Ionen wirklich streng geordnet sind oder ob nicht vielleicht eine mehr statistische Verteilung der Al-Ionen über alle Oktaederlücken des Anionengerüstes vorliegt.

Aus diesem Grunde ist eine Fourier-Projektion längs der Rhomboederrichtung $[11\bar{1}]$ gerechnet worden. In dieser Blickrichtung fallen alle nach dem Strukturvorschlag unbesetzten Oktaederlücken übereinander und bilden „Hohlkanäle", in die man hineinsehen kann.

Von einem kleinen Einkristall aus einer Verneuil-Birne wurden mit streng monochromatischer Mo-Strahlung Weißenbergaufnahmen hergestellt. Die Interferenzen sind einzeln photometriert und die Intensitäten korrigiert worden. Wegen der geringen Kristallgröße und der relativ harten Mo-Strahlung ist auf eine Absorptionskorrektur verzichtet worden. Die gerechnete Fourier-Projektion zeigt keine Besetzung der „Hohlkanäle", d.h., die Al-Ionen sitzen auf der vorgeschriebenen Punktlage. Die Paulingschen Parameter erwiesen sich als richtig. Aus den berechneten und beobachteten F-Werten ergab sich ein Zuverlässigkeitsfaktor $R = 0{,}07$, was als hinreichend genau angesehen werden kann. Damit findet die bisherige Strukturvorstellung von Korund, insbesondere die Parameterangabe von PAULING, eine volle Bestätigung.

Max-Planck-Institut für Silikatforschung, Würzburg

H. SAALFELD

Eingegangen am 29. September 1960

[1]) BRAGG, W.H.: J. Chem. Soc. [London] **121**, 2766 (1922). — [2]) PAULING, L., u. S.B. HENDRICKS: J. Amer. Chem. Soc. **47**, 781 (1925). — [3]) JAGODZINSKI, H., u. H. SAALFELD: Z. Kristallogr. **110**, 197 (1958).

Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der metamikten Minerale der Euxenitgruppe*)

Vor kurzem wurde über die Rekristallisation natürlicher Euxenite und die Darstellung synthetischer, euxenitanaloger Substanzen unter verschiedenen Bedingungen berichtet[1]).

Inzwischen konnten erstmals Einkristalle eines natürlichen Euxenits (Mattawan/Kanada) und des synthetischen „Idealeuxenits" $YTiNbO_6$ aus deren Schmelze dargestellt werden. Die etwa 0,03 bis 0,05 mm großen, meist stengelig-prismatischen Kristalle haben bei guter Ausbildung als Hauptflächen

{010}, {110}, dazu (wahrscheinlich) {201}. Sie sind dann tafelig nach (010). Die Kristalle sind von goldgelber ($YTiNbO_6$) und rötlich-brauner (Euxenit/Mattawan) Farbe. Die Identität mit den früher beschriebenen pulverförmigen Natur- und Syntheseprodukten konnte durch Debye-Scherrer-Aufnahmen sichergestellt werden.

Aus Drehkristall- und Weissenberg-Aufnahmen um [001] ergaben sich folgende Gitterkonstanten:

Euxenit/Mattawan	$YTiNbO_6$/synthetisch
$a_0 = 5{,}59$ Å $\pm$ 0,03	$a_0 = 5{,}59$ Å $\pm$ 0,03
$b_0 = 14{,}62$ Å $\pm$ 0,07	$b_0 = 14{,}65$ Å $\pm$ 0,07
$c_0 = 5{,}23$ Å $\pm$ 0,03	$c_0 = 5{,}22$ Å $\pm$ 0,03

Aus den gesetzmäßigen Auslöschungen wurde als wahrscheinliche Raumgruppe $D_{2h}^{14} = Pcan$ ermittelt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft haben wir für die Bereitstellung von Mitteln bestens zu danken. Die Arbeiten werden fortgesetzt.

Münster/Westf., Mineralogisch-Petrologisches Institut der Universität (Direktor: Prof. Dr. H. Seifert)

B. Beck

Eingegangen am 28. September 1960

*) 2. Mitteilung.

1) Beck, B.: Naturwissenschaften **47**, 396 (1960).

Optische und röntgenographische Konstanten des N-Methyl-carbaminsäurephenylesters $C_8H_9O_2N$

Der N-Methyl-carbaminsäurephenylester $C_8H_9O_2N$ (I.T. 150 v. E. Merck) kristallisiert rhombisch mit einer nach der *a*-Achse pseudotetragonalen Ausbildung. Beobachtete Formen sind {001}, {111}, {101}, {010} untergeordnet {100}. Höchst vollkommene Spaltbarkeit nach {001}, weniger vollkommen nach {101} und {100}. Dichte $\varrho = 1{,}17$ gcm^{-3}. Der Elementarkörper mit den Abmessungen $a_0 = 9{,}285$ Å, $b_0 = 10{,}138$ Å, $c_0 = 9{,}194$ Å führt bei einem Formelgewicht von $z = 4$ zu $\varrho_x = 1{,}160$ gcm^{-3}. Die Orientierung der optischen Indikatrix für gelbes Na-Licht ist gegeben durch $n_X \| a_0$, $n_Y \| c_0$, $n_Z \| b_0$. Die Hauptlichtbrechungen für Na-Licht betragen $n_X = 1{,}5145$, $n_Y = 1{,}5339$, $n_Z = 1{,}6006$, die einen Achsenwinkel von 58,5° liefern.

Mineralogisch-Petrographisches Institut, Hamburg

A. Schröder und K. Olsen

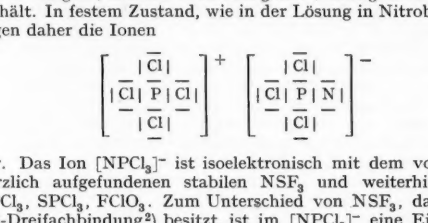
Eingegangen am 5. Oktober 1960

Reaktion von S_4N_4 mit PCl_3 zu NP_2Cl_7

Setzt man S_4N_4 mit PCl_3 um, so entstehen nach $S_4N_4 + 10\,PCl_3 \rightarrow 2\,NP_2Cl_7 + 2\,NPCl_2 + 4\,SPCl_3$ farblose Kristalle der Zusammensetzung NP_2Cl_7[1]). Die Substanz wird durch Umkristallisieren aus Chloroform (− 55° C) und anschließendes Waschen mit Tetrachlorkohlenstoff gereinigt (Analyse: gefunden 76,2% Cl, 19,1% P, 4,6% N; berechnet für NP_2Cl_7: 76,4% Cl, 19,2% P, 4,4% N).

NP_2Cl_7 löst sich in Nitrobenzol unter Dissoziation; aus Leitfähigkeitsmessungen ergab sich der Dissoziationsgrad $\alpha = 0{,}95$ (Konzentration der Lösung etwa 0,02 M). Das Molekulargewicht bestimmten wir im gleichen Lösungsmittel kryoskopisch zu 342 (berechnet 321).

Nach dem vorliegenden Infrarotspektrum ist für NP_2Cl_7 eine Anlagerungsverbindung der Zusammensetzung $NPCl_2 \cdot PCl_5$ auszuschließen. Messungen der kernmagnetischen Resonanz von P^{31} zeigten, daß die Verbindung nur 4-bindigen Phosphor enthält. In festem Zustand, wie in der Lösung in Nitrobenzol, liegen daher die Ionen



vor. Das Ion $[NPCl_3]^-$ ist isoelektronisch mit dem von uns kürzlich aufgefundenen stabilen NSF_3 und weiterhin mit $OPCl_3$, $SPCl_3$, $FClO_3$. Zum Unterschied von NSF_3, das eine NS-Dreifachbindung[2]) besitzt, ist im $[NPCl_3]^-$ eine Einfachbindung zwischen N und P vorhanden. Die Ionenformel erklärt auch zwanglos den relativ leichten Zerfall des NP_2Cl_7 bei 140° C im Vakuum in PCl_5 und $(NPCl_2)_x$[3]).

Wird nach der Reaktion von S_4N_4 mit PCl_3 das entstandene NP_2Cl_7 abfiltriert und die Lösung nach Zugabe von weiterem S_4N_4 unter Erhitzen eingeengt, dann entweichen hauptsächlich $SPCl_3$ und S_2Cl_2. Unter Aufschäumen erstarrt die Lösung zu einer gallertigen Masse der Zusammensetzung $(NPCl_2)_x$. Durch Kochen in CCl_4 wird diese Masse so verändert, daß die thermische Zersetzung vorwiegend nach $5\,NPCl_2 \rightarrow 2\,PCl_5 + P_3N_5$[4]) abläuft. Das Röntgendiagramm des festen Rückstandes ist mit dem von P_3N_5[5]) identisch. Weitere Untersuchungen sind im Gange.

Anorganisch-Chemisches Institut der Universität, Göttingen

O. Glemser und E. Wyszomirski

Eingegangen am 6. Oktober 1960

1) Groeneveld, W.L., J.H. Visser u. A.M.J.H. Seuter: J. Inorg. Nucl. Chem. **8**, 245 (1958). — 2) Glemser, O., u. H. Richert sowie Richert, H., u. O. Glemser: Z. anorg. allg. Chem. (im Druck). 3) Weitere Nebenprodukte sind noch nachzuweisen. — 4) Das Produkt enthält noch geringe Mengen Chlor entsprechend der Zusammensetzung $N_5P_3Cl_{0,1}$. — 5) Huffmann, E.O., G. Tarbutton, G.V. Elmore, A.J. Smith u. a.: J. Amer. Chem. Soc. **79**, 1765 (1957).

Die Hemmwirkung von Serum tumortragender Tiere auf Organkulturen

Die Größe der Phosphataufnahme liefert einen Hinweis für die Aktivität der Phosphorylierungsprozesse von Geweben. Bei Verwendung von radioaktiv markiertem Phosphat lassen sich durch Unterschiede in der Höhe des Phosphateinbaues sehr feine Wirkungen auf den Stoffwechsel von Explantaten objektivieren[1]). Blutserum hepatektomierter Ratten führt, 48 Std nach der Operation gewonnen, zur Steigerung der Phosphataufnahme an Leberkulturen[2]). Das gleiche Serum hat, verglichen mit Normalserum, eine Hemmwirkung auf die Phosphataufnahme von Kulturen solider Tumoren der Ratte[3]).

Wir haben in weiteren Versuchen die Wirkung von Blutserum tumortragender Ratten als Nährbodenzusatz bei Organkulturen untersucht. Als Nährmedium für die Uhrglasschälchenkultur von embryonalen Nieren und Lebern diente dabei: 2 Tropfen Blutserum normaler oder tumortragender Ratten, 1 Tropfen Hühnerembryonalextrakt, 1 Tropfen $P^{32}O_4$-Lösung (20 μC/ml) und 2 Tropfen Hühnerplasma. Kultur und Messung wurden in der beschriebenen Methode vorgenommen[4]). Es wurden Seren von Tumortieren verwendet, die pflaumengroße solide Tumoren (Walker-Carcinom und Yoshida-Sarkom) oder starke Ascitesgeschwülste (mindestens 10 ml) der gleichen Stämme entwickelt hatten.

Explantate dieser Versuche nehmen bei Verwendung von Serum tumortragender Ratten durchschnittlich 25 bis 40% weniger an Phosphataktivität auf als solche mit Zusatz von Serum normaler Ratten. Dieses Phänomen ist bei allen verwendeten Tumoren zu beobachten gewesen. Eine Beziehung zwischen Tumorgröße, Tumorart und Alter der Geschwulst ist nicht herzustellen. Die Senkung der Phosphataufnahme ergibt sich dabei an Kulturen embryonaler Leber und Niere von Ratte und Maus. In einem Versuch vergleichsweise explantierte Leber erwachsener Ratte ergab die beschriebene Wirkung ebenfalls. Die durchschnittlichen Impulszahlen eines Versuches waren folgende: normales Rattenserum I (1. Kontrolle) 279, normales Rattenserum II (2. Kontrolle) 271, Serum einer Ratte mit Yoshida-Ascites 186, Serum einer Ratte mit Walker-Ca-Ascites (Stamm RA) 208, Serum einer Ratte mit Walker-Ca-Ascites (Stamm CR) 161, Serum einer Ratte mit solidem Yoshida-Tumor 201.

In einem Versuch, bei welchem solider Walker-Tumor explantiert wurde, ergab sich auch für die Tumorkultur, bei Zusatz von Blutserum einer ein solides Yoshida-Sarkom tragenden Ratte, eine Senkung der Phosphataufnahme um 40% gegenüber der Kultur auf Normalserum.

Ob es sich bei dieser Hemmwirkung von Blutserum tumortragender Tiere um einen spezifischen Effekt im Sinne einer toxischen Wirkung der Geschwulst oder um eine nutritive Wirkung handelt, ist Gegenstand laufender Untersuchungen. Es wäre denkbar, daß Blutserum von Tieren mit wachsenden Tumoren an mehr oder weniger spezifischen humoralen Wachstumsfaktoren verarmt.

Die Arbeit wurde mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ausgeführt.

Pathologisches Institut der Universität, München

H. Wrba und H. Rabes

Eingegangen am 7. Oktober 1960

1) Wrba, H.: Z. Zellforsch. (im Druck). — 2) Wrba, H., M. Ripoll-Gómez u. H. Ranz: Exp. Cell Res. **20**, 232—235 (1960). — 3) Wrba, H., H. Ranz u. M. Ripoll-Gómez: Naturwissenschaften **47**, 447 (1960). — 4) Wrba, H., u. H.W. Kalb: Naturwissenschaften **46**, 405 (1959).

Die Sensibilisierung von Tuberkelbakterien gegen Tuberkulostatika

Der Einfluß von 8-Chlortheophyllin (8-Ch) auf die Mutationsrate und die Generationszeit von Staphylokokken sowie auf die Chemoresistenz dieser und anderer Keime und den Diffusionskoeffizienten von Antibiotika in Agar wurde bereits beschrieben[1a–c], [2]. Die Bedeutung dieser Substanz für Tuberkelbakterien (Tb) bedurfte einer besonderen Untersuchung. Dazu wurden Tb-Stämme*) mit verschiedener Resistenz gegen INH und Streptomycin (Sm) benutzt.

Zuerst wurde die Sensibilität der Stämme gegen 8-Ch allein ausgetestet. 4 Vol.-Teile eines Hohnmediums wurden stets mit 1 Vol.-Teil einer 8-Ch-Lösung [8-Ch + 8-Ch-Na, s. [1c]] versetzt. Die 8-Ch-Endkonzentrationen entsprachen einer Verdünnungsreihe in geometrischen Stufen. Die Beimpfung erfolgte nach dem Erstarren des Mediums mit je 0,1 ml einer Tb-Suspension von 1 mg (Feuchtgewicht) pro ml. Die Keime stammten aus einer 6 Wochen alten Kultur (Ergebnisse s. Tabelle 1).

Tabelle 1. *Sensibilität der Teststämme gegen 8-Ch*
(Mittlere Hemmgrenze in mg/ml)

Versuchsdauer in Wochen	Stamm-Nr.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
4	0,37	0,5	0,06	0,5	0,25	0,37	0,18	1,5
5	0,37	0,5	0,06	0,5	0,5	0,37	0,37	1,5
6	0,5	0,75	0,12	0,75	0,5	0,37	0,37	1,5

Die einzelnen Stämme haben danach eine zum Teil recht unterschiedliche Empfindlichkeit gegen 8-Ch.

Im Hauptversuch wurde die Resistenz der Stämme gegen INH und Sm in Gegenwart von zwei 8-Ch-Konzentrationen und zur Kontrolle ohne 8-Ch ausgetestet. Gewählt wurde eine allein gerade nicht mehr hemmende 8-Ch-Konzentration und eine solche, die um 75% kleiner war. Der Verdünnungsgrad des Hohnmediums war in allen Fällen gleich (Ergebnisse s. Tabelle 2).

Tabelle 2. *Beeinflussung des Resistenzgrades von Tuberkelbakterien gegen INH und Streptomycin durch 8-Ch*
(Meßwerte in μg/ml)

Stamm-Nr.	8-Ch-Konzentrationen mg/ml	Versuchsdauer in Wochen: INH 6	INH 7	Streptomycin 6	Streptomycin 7	Kontrolle ohne Tuberkulostatika
1	0,25	75	75	—	—	+++/+++
	0,06	75	75	—	—	+++/+++
	A. dest.	100	150	—	—	+++/+++
2	0,5	25	75	25	50	++/++
	0,12	150	150	>800	>800	+++/+++
	A. dest.	150	150	>800	>800	+++/+++
3	0,12	—	—	1,56	1,56	+++/+++
	0,03	—	—	4,7	4,7	+++/+++
	A. dest.	—	—	4,7	6,25	+++/+++
4	0,5	0,12	0,16	0,014	0,014	++/+++
	0,125	1,25	1,77	0,78	0,78	+++/+++
	A. dest.	>2,5	>2,5	3,12	3,12	+++/+++
5	0,5	1,5	1,5	0,14	0,14	+++/+++
	0,125	3,0	3,0	0,78	1,17	+++/+++
	A. dest.	3,0	>4,0	2,34	2,34	+++/+++
6	0,25	—	—	<0,005	9,37	+/++
	0,06	—	—	12,5	18,75	+++/+++
	A. dest.	—	—	18,75	>25,0	+++/+++
7	0,25	<0,02	<0,02	0,39	0,78	+/+++
	0,06	0,02	0,03	6,25	9,37	++/+++
	A. dest.	0,07	0,07	6,25	9,37	++/+++
8	1,0	<0,02	<0,02	0,47	0,62	++/++
	0,25	<0,02	0,04	7,5	7,5	+++/+++
	A. dest.	0,07	0,14	7,5	>10,0	+++/+++

Zeichenerklärung: + bis +++ = Wachstumsausmaß nach 6 bzw. 7 Wochen Versuchsdauer.

Aus diesen Versuchen ist zu entnehmen, daß in allen Fällen die Sensibilität der Tb-Stämme durch die Anwesenheit von allein nicht hemmenden 8-Ch-Konzentrationen sowohl gegen INH als auch gegen Sm erhöht wird. Diese Beeinflussung des mittleren Resistenzgrades ist, wie bei den meisten Stämmen demonstriert werden kann, abhängig von der 8-Ch-Konzentration. Auch bei einer längeren Bebrütungszeit bleibt dieser 8-Ch-Effekt deutlich.

Hygiene-Institut der Universität, Mainz (Direktor: Prof. Dr. H. Kliewe)

G. Gillissen und W. Storbeck

Eingegangen am 13. Oktober 1960

*) Die meisten Stämme wurden liebenswürdigerweise von Frau Prof. Meissner, Tbc-Forschungsinstitut Borstel, zur Verfügung gestellt.

[1]) Gillissen, G., u. W. Storbeck: (a) Naturwissenschaften **9**, 209 (1960); (b) Z. Hyg. **146**, 552 (1960); (c) Arzneimittel-Forsch. **10**, 719 (1960). — [2]) Gillissen, G., S. Carlson u. W. Storbeck: Arzneimittel-Forsch. **10**, 804 (1960).

Vier Virusarten als Ursache der Flavescence dorée der Rebe

Die infektiöse Flavescence dorée von *Vitis*, auch Baco 22 A-Krankheit genannt, ist hauptsächlich im französischen Weinbaugebiet weit verbreitet und gefürchtet[1]). Eine exakte Ursache war bisher nicht bekannt.

Inzwischen ergaben in Baden durchgeführte Versuche, daß der gesamte Komplex der Flavescence dorée eine Mischinfektion der Erreger von infektiöser Panaschüre, Blattdeformation, kanariengelber Verfärbung und Rollkrankheit der Rebe darstellt[2]), [3b–e]). Sämtliche Viren mit Ausnahme des Rollvirus wurden mit der Testpflanzenmethode[3a]) und alle elektronenoptisch bestimmt. Über die einzelnen Daten wird später an anderer Stelle ausführlich berichtet.

Zürich, Schweiz, Langensteinenstraße 18

Gertrud Ochs

Eingegangen am 20. Oktober 1960

[1]) Caudwell, A.: Ann. l'Amélioration des Plantes **4**, 359 (1957). — [2]) Klinkowski, M.: Pflanzliche Virologie, Bd. II, S. 152 bis 156. Berlin: Akademie-Verlag 1958. — [3]) Ochs, Gertrud: a) Mitt. Klosterneuburg A **7**, 274 (1957); Z. Pflanzenkrankh.; b) **65**, 11 (1958); c) (in Vorbereitung); d) Experientia [Basel] **15**, 303 (1959); e) Bot. Gaz. **121**, 198 (1960).

Über geschlechtsgebundene Unterschiede im Auxin-Gehalt diözischer Hanfpflanzen

Frühere Untersuchungen[1]) unseres Laboratoriums hatten ergeben, daß Hanfpflanzen mit Erreichen der Vollblüte extreme geschlechtsgebundene Unterschiede im Eiweißstoffwechsel zeigen. Die männlichen Pflanzen stellen die Stickstoffaufnahme ein. Ein großer Teil ihres Eiweißes unterliegt einem schnellen Zerfall. Die entstehenden Aminosäuren wandern aus den Blättern aus und können in wenigen Wochen großenteils in die Nährlösung zurückdiffundieren. Die Pflanzen vergilben und sterben. Die weiblichen Pflanzen erleiden einen solchen Zusammenbruch nicht. Sie wachsen weiter, nehmen Stickstoff auf und synthetisieren Eiweiß. Während bei zwittrigen Pflanzen die Annahme berechtigt erschien, daß der vornehmlich bei Einjährigen erfolgende Zusammenbruch des Eiweißstoffwechsels in Beziehung steht zum Eiweißbedarf der heranwachsenden Früchte, kann beim männlichen Hanf eine solche Beziehung nicht gelten. Es besteht nach Ausbilden der Früchte nirgendwo ein Bedarf an Eiweißbausteinen.

Wir haben schon früher vermutet[2]), daß bei solchen Vorgängen „Akkumulationen als spezifischer Ausdruck der attrahierenden Wirkung bestimmter Gewebe" und „allgemeine Wirkungen verschiedener Organe aufeinander, die äußerlich in Wachstumsanregungen und -hemmungen erkenntlich werden und wahrscheinlich hormonal bedingt sind", eine Rolle spielen.

In jüngerer Zeit[4]), [5]), [6]) haben wir beweisen können, daß die Fähigkeit, attraktiv auf Aminosäuren und andere lösliche Stoffe zu wirken, ein Kennzeichen „jugendlichen" Gewebes ist. Diese Fähigkeit, die zu einer aktiven Akkumulation löslicher Stoffe gegen ein Konzentrationsgefälle führt, wird unter dem Einfluß noch nicht genügend geklärter Substanzen entwickelt, für die Kinetin ein Modell ist. Aber auch Auxine (β-Indolylessigsäure oder -buttersäure) bewirken das gleiche, wenn nur dafür gesorgt wird, daß sie im Gewebe fixiert bleiben [z. B. durch Trijodbenzoesäure[5])]. Es liegt nahe, zu vermuten, daß auch beim Zusammenbruch der männlichen Hanfpflanze eine mangelnde Bildung von Auxin oder seine Inaktivierung durch spezifische Stoffe die Ursache dafür ist, daß die löslichen Stickstoffverbindungen, die im ständig ablaufenden Eiweißabbau gebildet werden, aus den Zellen herausdiffundieren und damit einer Resynthese der Eiweiße nicht mehr zur Ver-

fügung stehen. Deshalb untersuchten wir männliche und weibliche Hanfpflanzen kurz nach der Vollblüte, aber noch vor dem sichtbaren Zusammenbrechen (also vor beginnendem Vergilben) der männlichen Pflanzen auf ihren Auxingehalt. Das gewählte Stadium I zeichnete sich dadurch aus, daß die Frischgewichte der männlichen und der weiblichen Pflanzen noch nicht sehr voneinander abwichen. Bei II ist der Unterschied schon deutlich.

Die Hanfpflanzen von der diözischen Sorte „Gluchowskaja 1" wurden seit dem 10. 7. 1960 in Zinzadze I-Nährlösung im Gewächshaus kultiviert. Es wurden die gesamten oberirdischen Teile bei I am 7. 9. und bei II am 17. 9. analysiert. Der Wuchsstoffgehalt im Sproß einer einmalig auftretenden zwittrigen Pflanze mit weibchenähnlichem Habitus wurde im Vergleich zu dem im Sproß eines etwa gleichgroßen Weibchens am 17. 9. ebenfalls bestimmt.

Das Material wurde bei −10° C eingefroren, gemörsert und 24 Std bei −10° C mit der vierfachen Menge Äthanol extrahiert. Nach dem Entfernen des Äthanols im Vakuum bei 35° C wurde der wäßrige Rückstand durch Ausschütteln mit Äther und $NaHCO_3$-Lösung vorgereinigt und dann papierchromatographisch mit Isopropanol-NH_3-H_2O getrennt. Nach 7 Std Elution folgte die quantitative Bestimmung mit Hilfe mehrerer Verdünnungsstufen nach dem *Agrostemma*-Hypokotylzylinder-Zuwachs-Test von H. BORRISS[6]). Teste unter Zusatz von β-Indolylessigsäure ergaben, daß die Ergebnisse nicht durch Anwesenheit eines mitgelaufenen Hemmstoffes beeinflußt sind. Die Art des Reinigungsganges und der Test sprechen dafür, daß der bestimmte Wuchsstoff β-Indolylessigsäure ist.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle

	Zahl der Pflanzen	Frischgewicht der Sprosse in g	IES-Äquiv./kg Frischgewicht	Verhältnis der IES-Äquiv.
I	♂ 6 ♀ 6	♂ 52,8 ♀ 56,2	♂ 6 ♀ 180	1:30
II	♂ 5 ♀ 3	♂ 13,3 ♀ 14,2	♂ 8 ♀ 220	1:28
Zwitt.	⚥ 1 ♀ 1	⚥ 8,8 ♀ 12,2	⚥ 53 ♀ 780	1:15

Diese bedeutenden Unterschiede im Auxingehalt können durch mangelnde Auxinbildung oder schnelle Auxinzerstörung in den männlichen Pflanzen bedingt sein. Das bedarf weiterer Untersuchungen. Auch ist ein unmittelbarer kausaler Zusammenhang zwischen geringem Auxingehalt und Vergilben der männlichen Hanfpflanzen noch nicht bewiesen, doch auf Grund unserer Versuche am Tabak[4]), [5]) sehr wahrscheinlich. Zur Entscheidung ist unter anderem eine genauere Lokalisierung des Auxinvorkommens unerläßlich.

Institut für Allgemeine Botanik der Universität, Halle

K. CONRAD und K. MOTHES

Eingegangen am 14. Oktober 1960

[1]) MOTHES, K., u. L. ENGELBRECHT: Flora [Jena] **139**, 1 (1952). [2]) MOTHES, K.: Kulturpflanze [Berlin] **1**, 157 (1953). — [3]) MOTHES, K., L. ENGELBRECHT u. O. KULAJEWA: Flora [Jena] **147**, 445 (1959). — [4]) MOTHES, K., u. L. ENGELBRECHT: Proc. IX. Intern. Bot. Congr. Montr. 1959 (im Druck). — [5]) MOTHES, K.: Naturwissenschaften **47**, 337 (1960). — [6]) BORRISS, H.: In A. N. BELOSERSKI u. N. I. PROSKURJAKOW, Praktikum der Biochemie der Pflanzen, S. 389. Berlin 1956.

Über die Konzentration von Kynurenin und Hydroxy-Kynurenin während der Entwicklung bei den Genotypen *ra*⁺ und *ra* von *Plodia interpunctella*

Die rotäugige Mutante *ra* von *Plodia* entspricht nicht derjenigen von *Ephestia* (*a*), denn in Parabioseversuchen werden die *a*-Augen durch einen *ra*-Partner dunkel ausgefärbt[1]). *ra*⁺- und *a*⁺-Tiere haben dagegen keinen Einfluß auf *ra*-Augen. Die rotäugige Mutante von *Plodia* ist also in der Lage, die erforderlichen Pigmentvorstufen herzustellen. Diese Vermutung konnte papierchromatographisch und an Hand von chemischen Methoden nachgewiesen werden.

Für ein zweidimensionales Chromatogramm wurden 2, für ein eindimensionales 4 Individuen verwendet, in 0,3 ml Methanol (80%) übertragen und gründlich zerrieben. Nach Abzentrifugieren wurde der überstehende Extrakt auf Chromatographierpapier (Schleicher und Schüll 2040a für 2-dimensionale, 2043b für 1-dimensionale Chromatogramme) aufgetragen. Als Lösungsmittel wurden n-Propanol (70%) für die erste Dimension und Natrium-Citrat (4%) für die zweite Dimension benutzt. Die quantitative Auswertung der Stoffe erfolgte fluorometrisch[2]), [3]), [4]), ihre Identifizierung durch die *Rf*-Werte und chemische Nachweise[5]).

Bei dem verwendeten +-*Stamm* stimmen die Ergebnisse für *Kynurenin* mit den schon von MÖHLMANN[6]) beschriebenen nicht ganz überein (Fig. 1). Die Konzentration erreicht zwischen dem 2. und 3. Tag der Verpuppung ihr Maximum und nimmt dann rasch ab. Eine so starke Zunahme von Kynurenin

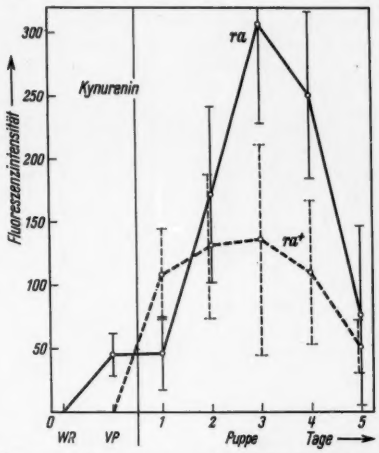


Fig. 1. Kynurenin-Konzentration während der Entwicklung bei der Wildform (*ra*⁺) und der Mutante *ra*. Mittlere Meßwerte von je 6 Einzelmessungen ($\bar{X} \pm 5{,}51\ s_{\bar{x}}$; $\alpha = 0{,}27\,\%$). *WR* Wanderraupen; *VP* Vorpuppen

am 3. Tag, wie sie MÖHLMANN fand, wurde nicht festgestellt. Da pro Extrakt nur 2 Tiere verwendet wurden, konnte das Kynurenin erstmals bei 1 Tag alten Puppen festgestellt werden.

Die *Hydroxy-Kynurenin*-Konzentration erreicht um den 4. Tag ihr Maximum und sinkt dann relativ langsam ab

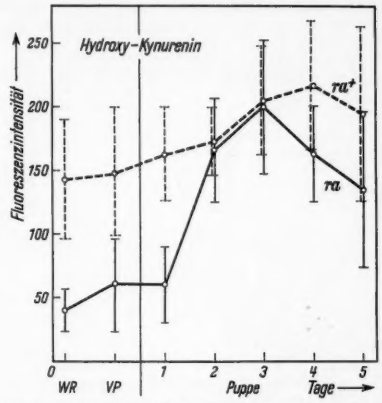


Fig. 2. Hydroxy-Kynurenin-Konzentration während der Entwicklung bei der Wildform (*ra*⁺) und der rotäugigen Mutante (*ra*). (Erklärung s. Fig. 1)

(Fig. 2). Auch die Fluorometer-Kurven eindimensionaler Chromatogramme zeigen annähernd dieselben Ergebnisse (Fig. 3): ein Ansteigen der Gipfel für Kynurenin und Hydroxy-Kynurenin, einen früheren Abfall des Kynureningipfels; das Maximum liegt hier am 2. Tag. Am 4. und 5. Tag der Verpuppung sind Gipfel zweier neuen Substanzen mit einem niedrigen *Rf*-Wert deutlich zu erkennen, die aber nicht berücksichtigt wurden.

Bei der *rotäugigen Mutante* konnte *Kynurenin* schon in den Vorpuppen nachgewiesen werden (Fig. 1). Am 1. Tag bleibt seine Konzentration noch fast gleich, nimmt aber dann sehr schnell zu und erreicht ihr Maximum am 3. Tag. Der Abfall der Kynurenin-Konzentration erfolgt sehr rasch.

Eine ähnlich verlaufende Kurve zeigt die *Hydroxy-Kynurenin*-Konzentration, doch ist ihr Gipfel am 3. Tag nicht so hoch, wie der der Kynurenin-Kurve (Fig. 2).

Vergleicht man die Kynurenin-Konzentration beider Stämme, so fällt auf, daß sie bei der rotäugigen Mutante höher ist. Dieser Unterschied am 3. und 4. Tag konnte statistisch

bestätigt werden (Fig. 1). Da bei dieser Mutante die Ausfärbung der Augen durch Ommochrome ganz oder teilweise ausfällt[7]), wird das produzierte Kynurenin nicht oder nur unvollständig zur Ommochromsynthese verbraucht. Damit stimmt gut überein, daß *ra*-Tiere in Parabiose mit rotäugigen Ephestien diese dunkler ausfärben als ra^+- oder a^+-Partner[1]), daß sie also offenbar mehr Vorstufen liefern.

Warum jedoch nicht Hydroxy-Kynurenin als die höhere Oxydationsstufe in der Reaktionskette, sondern Kynurenin angehäuft wird, ist noch nicht geklärt.

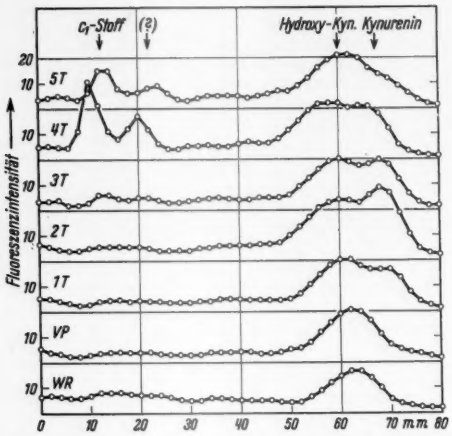


Fig. 3. Fluorometer-Kurven eindimensionaler Chromatogramme von Wanderraupen (*WR*), Vorpuppen (*VP*) und Puppen verschiedenen Alters der Wildform. Das Puppenalter ist in Tagen angegeben. Abszisse: 2 mm-Abschnitte der Chromatogrammstreifen

Mein besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. A. Kühn und Herrn Dr. A. Egelhaaf für stetige Hilfe und großzügige Förderung meiner Arbeit.

Max-Planck-Institut für Biologie, Tübingen

F. Ferrand de Almeida

Gegenwärtige Anschrift: Instituto Zoológico da Universidade, Coimbra (Portugal).

Eingegangen am 27. September 1960

[1]) Almeida, F. F. de: Z. Naturforsch. 13b, 617 (1958). — [2]) Kühn, A.: Naturwissenschaften 42, 529 (1955). — [3]) Egelhaaf, A.: Z. Vererbungslehre 87, 769 (1956). — [4]) Reisener-Glasewald, E.: Z. Vererbungslehre 87, 668 (1956). — [5] Hellmann, H.: Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. 287, 205 (1951). — [6]) Möhlmann, E.: Z. Vererbungslehre 89, 651 (1958). — [7]) Kühn, A., u. F. F. de Almeida: In Vorbereitung.

Autogenese oder Orthoselektion in der Evolution der *Dryops*-Arten (Dryopidae, Coleoptera)?

Im Coleoptera-Genus *Dryops* Olivier 1791 wurden zwei phylogenetische Trends festgestellt, die mit den beiden Subgenera *Dryops (Dryops)* Olivier 1791 und *Dryops (Yrdops)* Steffan 1961 identisch sind. Innerhalb eines jeden der beiden Trends lassen sich die einzelnen Arten auf Grund der graduell zunehmenden Differenzierung und Komplizierung oder der fortschreitend verschieden starken Reduktion bestimmter Teile der männlichen Genitalorgane so zu morphologischen Reihen aneinanderfügen, daß die nachfolgende Art immer eine Weiterentwicklung der vorhergehenden darstellt. Parallel zur Entwicklungsrichtung der Männchen zeigen auch die Weibchen derselben Arten auf Grund der Morphologie ihres Ovipositors orthogenetische Tendenzen: Im ersten Fall ist eine von Art zu Art zunehmende Vervollkommnung dieses Organs feststellbar und im zweiten eine fortschreitende Rückbildung, die im Extremfall zu dessen völliger Elimination führt.

Korrelationen zwischen der „relativen Entwicklungshöhe" der Genitalorgane und Merkmalen der äußeren Morphologie können nicht aufgezeigt werden. Bemerkenswert ist jedoch die Tatsache, daß eine enge Korrelation besteht zwischen „relativer Kompliziertheit" der Genitalien und relativer Körpergröße. Arten mit „ursprünglicherem" Penis sind sehr viel kleiner, solche mit „komplizierterem" gehören in jeder der beiden Reihen zu denjenigen mit größtem Körpervolumen (Copesche Regel der Größenzunahme.)

Nach den Darlegungen von Stammer[1]) würde es sich hier um orthogenetische Reihen handeln, die durch Autogenese entstanden sein müßten. Allerdings läßt sich eine sehr enge und auffällige Korrelation zwischen „Entwicklungshöhe" der Genitalien und der geographischen bzw. ökologischen Verbreitung der einzelnen Arten feststellen. Die „primitiveren" Arten der Entwicklungsreihe *Dryops* treten in Südeuropa auf, „höherentwickelte" haben ihr Verbreitungszentrum in Mitteleuropa, und die „höchstentwickelten" dringen am weitesten nach Norden (Skandinavien) vor. In der Entwicklungsreihe *Yrdops* leben die „primitiveren" Arten ausschließlich in der Ebene, die „höherentwickelten" auch im Mittelgebirge, und die „höchstentwickelten" treten ausschließlich in und an den Bächen der höheren Regionen der Alpen und ihrer Nachbargebirge auf. Im ganzen gesehen liegt die Hauptverbreitung des ersten Trend, des Subgenus *Dryops (Dryops)* Olivier 1791, in Mittel- und Nordeuropa, die des zweiten Trend, des Subgenus *Dryops (Yrdops)* Steffan 1961, in Südeuropa und im südlichen Mitteleuropa.

Es ist also zu konstatieren, daß in beiden Trends parallel mit dem fortschreitenden Vorkommen der einzelnen Arten in nördlicheren Gegenden oder in höheren Gebirgsregionen eine progressive Komplizierung der Genitalmorphologie und eine Vergrößerung des Körpervolumens einhergeht. Wie ist diese Parallelität zu deuten? Für die mehr oder weniger komplizierten Einzelstrukturen der Genitalorgane konnte keine funktionsmechanische Notwendigkeit nachgewiesen werden, zumal keine entsprechenden Bildungen (nach dem sehr wahrscheinlich hier nicht zutreffenden Schloß-Schlüssel-Prinzip) im weiblichen Geschlecht vorhanden sind. Nehmen wir mit Kosswig[2]) an, daß die genetische Prägung der (primär selektionswertig neutralen) Genitalien durch einen Komplex pleiotroper Gene erfolgt, die noch in die Gestaltung verschiedener anderer physiologischer und morphologischer Eigenheiten und Strukturen der betreffenden Arten eingreifen und dabei der Selektion unterliegen, dann bietet sich eine Möglichkeit, diese orthevolutiven und scheinbar durch Autogenese hervorgebrachten Reihen zu deuten. Es würde sich folglich um ökologische oder geographische Spezialisationsreihen sensu Remane[3]) handeln, die durch Orthoselektion entstanden sind. Durch die Vermittlung pleiotroper Gene, die einmal ökophysiologische Eigenheiten steuern und deren durch Mutation hervorgebrachten Allele mit dem gerichteten Vordringen der Populationen oder Arten in neue Lebensräume einem Orthoselektionsdruck ausgesetzt sind, und die andererseits für die Ausbildung der Genitalgestalt verantwortlich sind, könnte die orthevolutive Prägung der *Dryops*-Genital-Formenreihen mit einiger Wahrscheinlichkeit erfolgt sein.

Die orthogenetischen Reihen der Gattung *Dryops* stellen somit keinen Fall von autogenetischer Evolution dar, die durch die „Eigengesetzlichkeit" des Organismus gerichtet verlaufen sein müßte[1]), sondern ein Beispiel von Orthoselektion. Diese griff nicht an den am auffälligsten progressiv umgebildeten Körperstrukturen, den Genitalorganen selbst an, sondern wirkte sich auf eine irgendwie für das Fortkommen in den neuen Lebensräumen wichtige Form, Funktion oder Verhaltensweise aus und wurde erst durch die Vermittlung pleiotroper Gene auf die primär selektionswertig neutralen Genitalien übertragen. Die progressive Komplizierung der Genitalien und parallel dazu die „Höherentwicklung" der einzelnen Arten als ihre Träger wurde nicht durch Autogenese, sondern sekundär durch gerichtete Auslese in der Anpassung an neue Lebensräume hervorgerufen, also durch Ektogenese[4]). Eine ausführliche Darstellung der Untersuchungsergebnisse wird an anderen Stellen erfolgen[5]).

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die finanzielle Unterstützung beim Anfertigen der Arbeit.

Hydrobiologische Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Fuldastation Schlitz/Hessen (Direktor: Prof. Dr. H. Sioli)

August Wilhelm Steffan

Eingegangen am 16. August 1960

[1]) Stammer, H. J.: Zool. Anz. 162, (7/8), 187 (1959). — [2]) Kosswig, C.: Zool. Anz. 162, (7/8), 208 (1959). — [3]) Remane, A.: Zool. Anz. 162, (7/8), 222 (1959). — [4]) Rensch, B.: Neuere Probleme der Abstammungslehre, 2. Aufl. Stuttgart: F. Enke 1954. — [5]) Steffan, A. W.: Zool. Jb. Syst. 89, (im Druck); Proc. XI. Int. Congr. Ent. Wien. 1960 (im Druck).

Das Wandern des Aktivitätsmaximums im BR_4-Locus von *Acricotopus lucidus* als Modell für die Wirkungsweise eines komplexen Locus

Die auf Erkenntnisse von BAUER und BEERMANN[1],[2],[3a,b]) basierenden Untersuchungen über Strukturmodifikationen polytäner Chromosomen haben dazu beigetragen, Vorstellungen über die physiologische Aktivität der Gene konkreter zu gestalten[3c,d],[4],[5],[6a]).

Ein Beispiel für die zell- und stadien-spezifische Aktivität eines Locus ist der Balbiani-Ring BR_4 bei *Acricotopus lucidus* STAEGER[7]), dessen Aktivitätsdauer innersekretorischen Einflüssen unterliegt[6b]). Eine fahrplanmäßige Karte der Speicheldrüsenchromosomen von *A. lucidus* zeigt, daß innerhalb des BR_4-Locus ein besonderer Aktivitätsmodus herrscht:

Im II. Chromosom liegt zwischen den Querscheiben P 50 und P 78 das Segment, in dem während des spätlarvalen Entwicklungsstadiums im Vorderlappen der Speicheldrüse der BR_4 ausgebildet wird. Dieser durch seine Funktion als Balbiani-Ring gekennzeichnete Locus umfaßt mehr als 20 Querscheiben, wie Vergleiche mit den homologen, nicht aktivierten Chromosomensegmenten im Hauptlappen der Speicheldrüse ergeben haben (Fig. 1a). Innerhalb dieses Locus ist die Lage des Aktivitätsmaximums, das sich in Form der größten lokalen Oberflächenentfaltung äußert, nicht stationär, sondern wandert während der spätlarvalen und präpupalen Entwicklung vom distalen zum proximalen Unterabschnitt (Fig. 1b, c, d), bis im späten Vorpuppenstadium der BR_4 gänzlich zurückgebildet wird (Fig. 1e).

Trotz der Unterschiede in der biologischen Organisation und in den Größenordnungen der genetisch wirksamen Strukturen ergibt sich ein Vergleich des BR_4-Locus der Diptere *Acricotopus* mit den komplexen Loci der Histidin- und Tryptophan-Synthese des Bakteriums *Salmonella*[8],[9],[10]). So stimmen die chromosomenmorphologischen Verhältnisse des BR_4-Locus und die genphysiologischen Verhältnisse des Histidin-und des Tryptophan-Locus in wesentlichen Punkten überein: Gemeinsam ist ihnen die lineare Aufeinanderfolge von Locus-Untereinheiten, die in zeitlicher Aufeinanderfolge physiologisch aktiv werden. In dem einen Fall läßt sich diese Aktivität strukturell, in dem anderen biochemisch nachweisen. Ob bei *Acricotopus* zwischen der Aktivität des BR_4-Locus und den biochemischen Merkmalen des Vorderlappensekrets der Speicheldrüse[11]) ein Kausalzusammenhang besteht, ist weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Institut für Kulturpflanzenforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Gatersleben (Kreis Aschersleben)

F. MECHELKE

Eingegangen am 23. September 1960

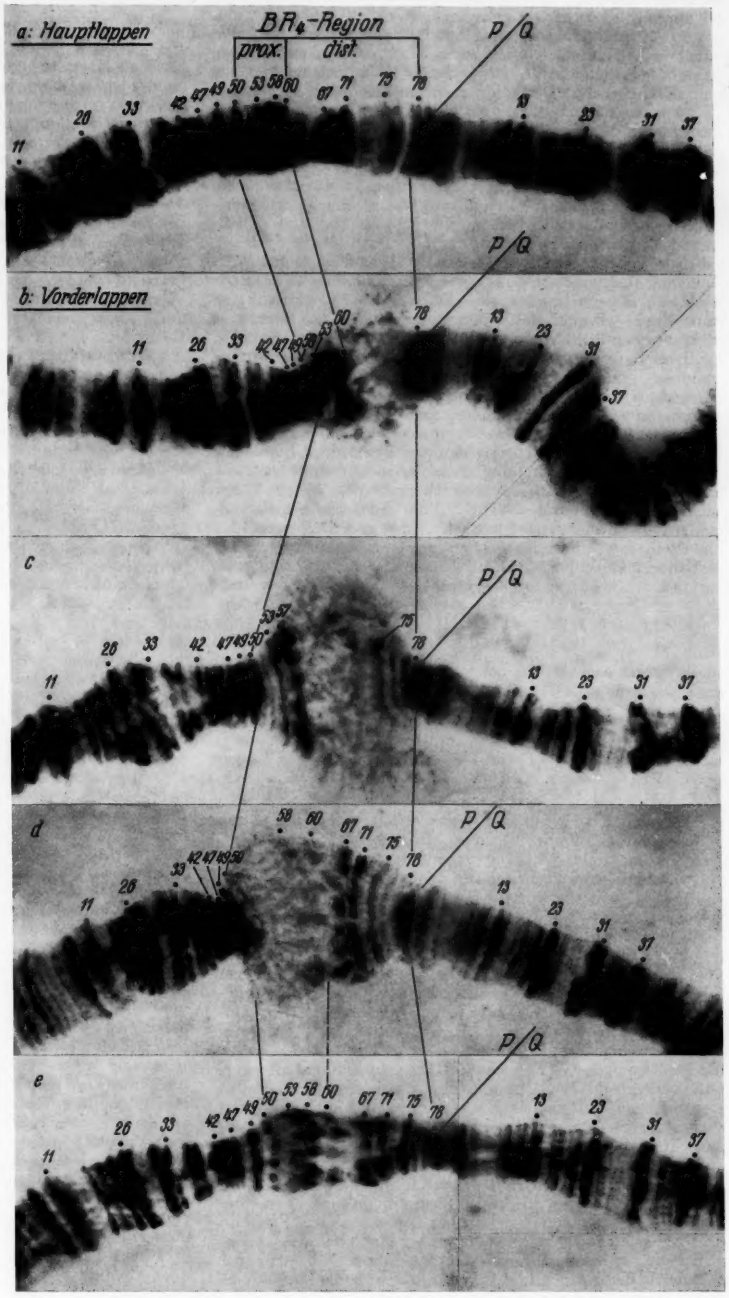


Fig. 1a—e. Homologe Abschnitte des II. Chromosoms aus der Speicheldrüse von *Acricotopus lucidus*. Vergr. etwa 2500fach. a Im Hauptlappen ohne Ausbildung eines Balbiani-Ringes; b—e im Vorderlappen während aufeinanderfolgender Entwicklungsstadien zwischen dem letzten Larvenstadium (b) und dem späten Vorpuppenstadium (e) mit Verlagerung des Balbiani-Ringes vom distalen (dist.) zum proximalen (prox.) Unterabschnitt der BR_4-Region

[1]) BAUER, H.: Zool. Anz. Suppl. 17, 252 (1953). — [2]) BAUER, H., u. W. BEERMANN: Chromosoma 4, 630 (1952). — [3]) BEERMANN, W.: a) Z. Naturforsch. 7b, 237 (1952); b) Chromosoma 5, 139 (1952); c) Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol. 21, 217 (1956); d) Developmental Cytology, p. 83. New York: Ronald Press 1959. — [4]) BEKKER, H. J.: Chromosoma 10, 654 (1959). — [5]) KROEGER, H.: Chromosoma 11, 129 (1960). — [6]) PANITZ, R.: Naturwissenschaften 47, a) 359, b) 383 (1960). — [7]) MECHELKE, F.: Chromosoma 5, 511 (1953). [8]) HARTMAN, P.E.: The Chemical Basis of Heredity, p. 408. Baltimore: Johns Hopkins Press 1957. — [9]) DEMEREC, M., u. Z. HARTMAN: Carnegie Inst. Washington Publ. No. 612, 5 (1956). — [10]) KAUDEWITZ, F.: Chemie der Genetik, S. 104. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959. — [11]) BAUDISCH, W.: Naturwissenschaften 47, 498 (1960).

Reaktionen von *Vespa germanica* F. gegenüber starken elektrischen Feldern

Nach orientierenden Versuchen über die Reaktion der Honigbiene gegenüber starken elektrischen Feldern[1]) wurden weitere Tiere auf ihre diesbezüglichen Reaktionen geprüft. Während Asseln, eine Vogelspinne, zwei Schabenarten, Laufkäfer, Kornkäfer, Fliegenmaden, Calliphora (Imagines) und auch weiße Mäuse keine sichtbaren Reaktionen im elektrischen Feld zeigten, änderte *Vespa germanica* F. in Abhängigkeit von der Feldstärke ihr Verhalten recht auffallend.

Zur Verfügung stand ein großes Wespennest. Das Nest wurde geteilt verschiedene Tage lang aufbewahrt. Während dieser Periode trugen die Tiere beider Bauten aus Schalen, die frei im Zimmer aufgestellt waren, Zuckerwasser ein. In der Folgezeit wurden die Nester auf einem Brett unter einem Glassturz aufbewahrt. Den Tieren stand im Nestbereich Zucker bzw. Zuckerwasser zur Verfügung. Ausflugsmöglichkeiten bestanden nicht.

Die verwendeten Feldstärken betrugen bis zu 220 V/cm bei einer Frequenz von 50 Hz. Die Reaktionen der Tiere lassen sich nun folgendermaßen charakterisieren: Es entsteht eine auffallende Unruhe, dieWespen laufen mit großer Geschwindigkeit, beim Einschalten des Feldes stürzen die Tiere aus dem Wabenbau heraus, versuchen zu stechen (Hinterleibskrümmungen), greifen emsig Nistmaterial, tote Wespen und lebende Artgenossen an, bis schließlich der „Wespenkrieg" ausbricht. Hierbei stechen sich die Tiere gegenseitig ab; es kann vorkommen, daß bis zu sechs Wespen in einem kämpfenden Knäuel verwickelt sind. Die genannten Reaktionen finden bei waagerechter Wabenstellung statt, bei senkrechter Wabenstellung reagieren die Tiere schwächer, d.h. die Wespen töten sich nicht gegenseitig. Während der Futteraufnahme verändern die Tiere nach Einschalten des elektrischen Feldes ihr Verhalten nicht. Weibchen sind reaktionsträger als Arbeiterinnen und Männchen. Erstere greifen im Feld sehr selten von sich aus an, werden jedoch mitunter in die Kämpfe verwickelt.

Zum Erzielen der Reaktionen ist eine größere Anzahl von Versuchstieren nicht nötig, wohl aber ein Nest. So änderten beispielsweise 40 bis 50 Wespen auf engem Raum ihr Verhalten nicht. Die Lage dieser vom Nest isolierten Tiere zu den Spannung führenden Netzen ist belanglos. Es entsteht der Eindruck, als ob der Fluchtreiz den Feldreiz überwiegt.

Von Interesse ist eine weitere Beobachtung. Läßt man das Feld längere Zeit eingeschaltet, so bleiben die Reaktionen etwa nach 8 min aus, um nur noch sporadisch hin und wieder mit meist verminderter Stärke und immer mehr verringerter Zeitdauer aufzutreten. Die Tiere verschwinden in der Zeit dieser Reaktionspausen im Nest, nur Einzelgänger laufen hin und wieder erregt umher. Ob es sich hierbei um eine Gewöhnung an das Feld handelt, soll nicht entschieden werden.

Zu den Bienenversuchen von 1960 ergeben sich Parallelen: 1. Die Wespen reagieren genau so wie die Bienen nicht bei der Futteraufnahme. 2. Die Reaktionen verlaufen nur im Nestbereich. Bei den Bienen ist ebenfalls ein Nest, zumindest aber die Anwesenheit einer Königin notwendig, um Verhaltensänderungen im elektrischen Feld auszulösen. 3. Um maximale Reaktionen der Tiere im elektrischen Feld zu erreichen, müssen die Wespenwaben in ihrer natürlichen waagerechten, die Bienenwaben in der senkrechten Lage aufgestellt sein.

Zoologisches Institut (Direktor: Prof. Dr. J.O. Hüsing) *und Biophysikalische Abteilung des II. Physikalischen Instituts (Leiter: Doz. Dr.* F. Struss) *der Martin-Luther-Universität, Halle a.d. Saale*

J.O. Hüsing, F. Struss und W. Weide

Eingegangen am 6. Oktober 1960

[1]) Hüsing, J. O., F. Struss u. W. Weide: Naturwissenschaften 47, 22 (1960).

Besprechungen

Blaschke, W., und H. Reichardt: Einführung in die Differentialgeometrie. 2. Aufl. (Bd. 58 der „Grundlehren der mathematischen Wissenschaft.) Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960. VII, 173 S. u. 57 Abb. Gr.-8°. Gzl. DM 24.—; geh. DM 19.80.

Es handelt sich um die zweite Auflage eines im letzten Kriege von Blaschke verfaßten Buches, das einige Textänderungen erfahren hat, in denen die neuere Literatur berücksichtigt wird und zu dem ein neues Kapitel über n-dimensionale Differentialgeometrie von Reichardt hinzugekommen ist. Dadurch ist der Wert des Buches noch erhöht worden, sein Charakter hat sich nicht geändert: Blaschke ist einer der Väter des Aufschwunges, den die Differentialgeometrie in den vergangenen 45 Jahren in immer deutlicher zu Tage tretendem Maße genommen hat. In seinem ersten Buch über Differentialgeometrie, erschienen 1923 und danach immer wieder neu aufgelegt, faßte er die neuen Ansätze zusammen und gab ihnen eine Form, die bis heute verbindlich ist. Allerdings war damals die Bedeutung des Werkes von E. Cartan noch nicht offenbar. Das vorliegende Buch nimmt nun die von diesem großen französischen Mathematiker ausgegangenen Impulse auf und verschmilzt sie in meisterhafter Weise mit den auf Gauss zurückführbaren Ideen aus dem Buch von 1923. Vor uns liegt das wertvollste Werk der Gegenwart über die klassischen Teile der Differentialgeometrie, das überall in der Welt in Vorlesungen verwendet wird (in der Sowjetunion liegt es in einer russischen Übersetzung vor). Dem Leser wird das Studium des Buches nicht leicht gemacht; hat er sich aber erst hineingearbeitet, so erschließt sich ihm der ganze Reichtum der Geometrie der Kurven und Flächen, der stets die Mathematiker fasziniert und die Physiker interessiert hat.

W. Klingenberg (Göttingen)

Bodewig, E.: Matrix Calculus. 2. Aufl. Amsterdam: North Holland Publ. Comp. 1959. XI u. 452 S. Gr. 8°. Gzl. Guilders 32.50.

Das Buch befaßt sich mit den numerischen Methoden für die Lösung von Aufgaben, in denen Matrizen in natürlicher Weise auftreten, wie lineare Gleichungssysteme und Eigenwertprobleme. Zunächst kommt es dem Verf. darauf an, durch eine geeignete Bezeichnungsweise auch optisch deutlich zu machen, daß sich mit den Matrizen und den damit zusammenhängenden Begriffen gut rechnen läßt, d. h., daß es so etwas wie einen Matrizenkalkül gibt (s. Titel des Buches). Dies ist an sich ganz verdienstvoll, obgleich zu bemerken ist, daß die Bezeichnungen des Verf. durchaus nicht allgemein gebräuchlich sind, und obgleich auch von der reinen Mathematik her seit langem nicht mehr die vielen Indizes in Gebrauch sind, gegen die Verf. im Vorwort zu Felde zieht, sondern eine Bezeichnungsweise, die den mathematischen Inhalt der betrachteten Fragestellung in vollkommener Weise wiedergeben dürfte. Die Frage der Bezeichnungen, obgleich Verf. sie sehr in den Vordergrund stellt, macht jedoch nicht das Gewicht des Buches aus, sondern die Zusammenstellung vieler bekannter und weniger bekannter Vorschriften zur näherungsweisen Bestimmung der Lösungen linearer Gleichungssysteme, der Bestimmung von Eigenwerten, der Bestimmung einer inversen Matrix usw. Dabei werden die Rechenverfahren eingeteilt in sogenannte direkte und iterative Methoden; ihre Reichweite wird diskutiert, der damit verbundene Rechenaufwand, auch die so wichtigen Fehlerabschätzungen werden angegeben wenn möglich. Eine Fülle von Beispielen wird durchgerechnet, im allgemeinen auf Tischrechenmaschinen zugeschnitten, jedoch auch für Großrechenanlagen von Interesse. Alles in allem ein in seiner Art einzigartiges Buch, das seine Bedeutung für die Behandlung numerischer Probleme schon dadurch erwiesen hat, daß es in kurzer Zeit bereits in 2. Auflage erschienen ist.

Wilhelm Klingenberg (Göttingen)

König, A., und H. Köhler: Die Fernrohre und Entfernungsmesser. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959. 3., völlig neubearb. Aufl. VIII, 475 S. u. 471 Abb. Gr.-8°. Lw. DM 88.—

Es handelt sich um die im Umfang stark erweiterte Neuauflage des 1922 und 1937 erschienenen Werkes von A. König, für die dessen Schüler H. Köhler, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Firma C. Zeiss, verantwortlich zeichnet. Die Einteilung der früheren Auflagen in die drei Kapitel Fernrohre,

Mikrometer, Entfernungsmesser, wurde beibehalten. Das Schwergewicht liegt auf der Darstellung der astronomischen und terrestrischen Fernrohre, deren theoretische Grundlagen, konstruktive Gestaltung und Prüfung in den ersten drei Vierteln des Buches behandelt werden. Hier, wie auch in den übrigen Kapiteln, kommt die vom Verfasser maßgeblich beeinflußte neuere Entwicklung der Theorie und der praktischen Ausführung voll zur Geltung. Die Verständlichkeit wird sehr gefördert durch die große Zahl von Abbildungen und die Mitteilung charakteristischer Daten von bewährten Objektiven und Gerätetypen. Im Anhang findet sich unter anderem eine dankbar zu begrüßende Zusammenstellung der lichttechnischen Einheiten und ihrer Beziehungen, die die Orientierung im Gewirr der Candelas, Hefnerkerzen, Stilbs und Apostilbs usw. erleichtert. Jeder, der mit Fernrohren und Entfernungsmessern zu tun hat; wird dieses ausgezeichnete Werk freudig begrüßen.

H. ELSÄSSER (Göttingen)

Wolf, K. L.: Physik und Chemie der Grenzflächen. Bd. 2: Die Phänomene im Besonderen. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959. IV, 360 S. u. 180 Abb. Gr.-8°. Gzl. DM 58.—.

Der vorliegende zweite Band bringt eine Darstellung ausgewählter besonderer Vorgänge an Grenzflächen. Der an Anwendungen interessierte Leser wird auf den geplanten dritten Band verwiesen.

Im ersten Kapitel wird der Frage nach „Gestalt und Überformung" flüssiger Körper ein breiter Umfang (82 Seiten) eingeräumt. Es folgt ein Kapitel über unlösliche Oberflächenfilme auf Flüssigkeitsoberflächen (66 Seiten). Im dritten Kapitel findet man eine Behandlung der „Anreicherungen in Grenzflächen". Hier stehen die Ober- bzw. Grenzflächen von Flüssigkeiten im Vordergrund des Interesses (165 Seiten). Die Paragraphen über Adsorption und Filme auf Festkörperoberflächen mit einer Diskussion der zweidimensionalen Zustandsgleichungen sind kürzer gefaßt (65 Seiten). Die Vorgänge, die bei Phasenumwandlung eine Rolle spielen, werden nur erwähnt (9 Seiten). Das letzte Kapitel (63 Seiten) ist den „Mechanischen Eigenschaften" vorbehalten; es ist wie folgt unterteilt: pondomotorische Kräfte, Reibung, Sedimentation, Tixotropie und Transporterscheinungen. Zahlreiche mit großer Sachkenntnis ausgewählte Literaturhinweise sind dem Textteil und ein ausführliches Namen- und Sachverzeichnis sind am Schluß beigefügt.

Der die einzelnen Erscheinungen verbindende Gesichtspunkt ist der theoretische Zusammenhang mit den Oberflächen- bzw. Grenzflächenspannungen und mit den zwischenmolekularen Kräften. Durch die zuletzt genannten Grundgrößen ist auch die Verbindung zum ersten Band gegeben, denn dieser bringt darüber einen umfassenden Überblick.

Der vorliegende zweite Band ist nicht einfach zu lesen, da die Gliederung in bezug auf Unterteilungen und Untertitel knapp gehalten ist. Die Verteilung der Gewichte ist unterschiedlich; sie ist nicht von der Bedeutung einzelner Gebiete bestimmt, sondern vorwiegend von den vielseitigen Interessegebieten des Autors. Dieser wendet sich wohl auch in erster Linie an den Fachmann, der viele Anregungen und Hinweise findet. Von besonderem Wert sind die zahlreichen Meßbeispiele, die in 51 Tabellen und in etwa 100 graphischen Darstellungen zusammengefaßt sind.

Die übersichtlichen Abbildungen und die gefällige drucktechnische Ausführung entsprechen der vom Springer-Verlag gewohnten Form.

B. HONIGMANN (Ludwigshafen a. Rh.)

Joos, Georg: Lehrbuch der theoretischen Physik. 10. Aufl. Frankfurt a. M.: Akadem. Verlagsges. 1959. XXIII, 842 S. u. 212 Abb. Gr.-8°. Gzl. DM 38.—.

Die vorliegende zehnte Auflage seines „Lehrbuchs der theoretischen Physik" konnte der Verf. noch selbst abschließen, nur das Vorwort ist nun leider ein Nachruf aus der Feder seines langjährigen Kollegen G. HETTNER geworden. An Neuem bringt die 10. Auflage unter anderem eine kurze elementare Darstellung des Antiferromagnetismus, die Schrödinger-Gleichung für geladene Teilchen in einem äußeren Magnetfeld (Theorie des normalen Zeemann-Effekts), die Diskussion der Gleichrichtereigenschaften (nicht, wie im Vorwort zitiert, Gleich*gewichts*eigenschaften) von Halbleitergrenzflächen sowie im Kapitel „Kernphysik" die Erwähnung der Mesonen und Hyperonen.

Im übrigen ist das Buch in den nunmehr 28 Jahren seiner Existenz so weiten Kreisen bekannt geworden, daß eine nochmalige Besprechung überflüssig erscheinen könnte, zumal die erste Auflage bereits von L. NORDHEIM [Naturwissenschaften **21**, 238 (1933)] und die beiden folgenden Auflagen von P. JORDAN [Naturwissenschaften **23**, 118 (1939); **28**, 462 (1940)] an dieser Stelle ausführlich gewürdigt wurden. Dennoch ist wohl angesichts der letzten Auflage, die der allzu früh verstorbene Verfasser noch selbst vorbereiten konnte, ein kurzes Wort der Kritik am Platze.

Es ist sicher kein Zufall, daß die beiden einzigen modernen *Lehrbücher* der theoretischen Physik, die in deutscher Sprache existieren, aus der Feder von Experimentatoren stammen — einem Theoretiker würde heutzutage der Mut zu diesem Titel fehlen. Im übrigen gilt wohl immer noch die Bemerkung von NORDHEIM (loc. cit.): „... manchmal kann man im Zweifel sein, ob es nicht zweckmäßiger gewesen wäre, zugunsten einer eingehenderen Behandlung mancher Grundbegriffe etwas den Stoff zu beschneiden". So vermißt man noch immer die — doch so einfache — quantitative Behandlung des Elektronenspins (Pauli-Gleichung), und auch die Darstellung der Relativitätstheorie wartet noch auf Vertiefung und Modernisierung. Recht schwankend ist nach wie vor der Pfad zur Schrödinger-Gleichung (S. 651 ff.), und auch NORDHEIMS Wunsch nach einer besseren Herausarbeitung der statistischen Deutung der Quantenmechanik ist wohl kaum zufriedenstellend erfüllt.

Einerseits ist es natürlich unvermeidlich, daß ein solches — notwendig aus Kompromissen geborenes — Buch manchen Anlaß zu mehr oder minder berechtigter Kritik bietet. Andererseits hat es bisher — insbesondere angesichts einer Zeit der Provisorien — seine Aufgabe (vor allem als Nachschlagewerk) als ein „im ganzen recht glücklicher Wurf" (NORDHEIM) durchaus erfüllt.

Würde der Verfasser noch unter uns weilen, hätte man seinem „Lehrbuch" noch weitere Neuauflagen aus seiner Feder gewünscht. Nun muß man sich leider über die Zukunft Gedanken machen: wer soll (und will!) dieses Werk fortführen, mehr noch, soll es überhaupt fortgeführt werden?

H. STEINWEDEL (Frankfurt a. M.)

Methods of Experimental Physics. Vol. 6: Solid State Physics. Hrsg. von K. LARK-HOROVITZ und V. A. JAHNSON. New York u. London: Academic Press 1959. Part A: Preparation, Structure, Mechanical and Thermal Properties. XVI, 466 S. u. 133 Fig. Gr.-8°. Gzl. $ 11.80. — Part B: Electrical, Magnetic and Optical Properties. XII, 416 S. u. 133 Fig. Gr.-8°. Gzl. $ 11.—.

Das Ziel der Buchreihe „Methods of Experimental Physics", von der die beiden Bände über Festkörperphysik nun vorliegen, ist es, eine zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Methoden und allgemeinen Prinzipien eines Fachgebietes zu geben, die der Experimentalphysiker für seine Arbeit braucht. Eine Vertrautheit mit den physikalischen Grundlagen des betreffenden Arbeitsgebietes wird dabei vorausgesetzt. So sind die beiden vorliegenden Bände keine Einführung in die Festkörperphysik, sondern Arbeitsbücher für die Praxis. Gleichzeitig bilden sie eine wertvolle Ergänzung für den Studierenden, da die experimentelle Seite der Festkörperphysik in den Vorlesungen oft zu kurz kommt oder nur auf einem Teilgebiet behandelt wird und in den vorhandenen Fachbüchern, wie etwa der bekannten Buchreihe von SEITZ und TURNBULL, auch nur am Rande gestreift wird.

Der Inhalt der beiden Bände umfaßt: Auswertung von Messungen und Fehlerabschätzung, Reinigung und Präparation, Strukturbestimmung, Mechanische Eigenschaften, Thermische Eigenschaften, Untersuchungen bei hohem Druck; Elektrische Eigenschaften, thermoelektrische und thermomagnetische Effekte, Magnetische Eigenschaften, Optische Eigenschaften, Lumineszenz und Photoelektrizität.

Die einzelnen Beiträge sind von verschiedenen Autoren geschrieben. Diese Aufteilung des Stoffes ist bei der Größe des behandelten Gebietes wohl notwendig. Insgesamt sind fast siebzig Autoren mit Beiträgen von teilweise nur drei Seiten vertreten. Darunter leidet natürlich die Homogenität der Darstellung. Dies stört nicht, wenn man sich nur über Methoden zur Messung eines bestimmten Effektes unterrichten will. Es erschwert jedoch etwa das Aufsuchen aller Methoden zur Bestimmung eines interessierenden physikalischen Parameters einer gegebenen Substanz. Das mag ein Mangel sein. Eine Gliederung nach Stoffgruppen und theoretischen Gesichtspunkten hätte dafür zahlreiche Überschneidungen und sicher auch andere Nachteile gebracht, die so vermieden wurden. Einen Vorwurf kann man diesen Bänden jedenfalls

nicht machen, daß nämlich in ihnen — nur in anderer Formulierung — das gleiche stehe wie in anderen, früher erschienenen Fachbüchern. Und das ist bereits ein Lob, das man leider heute bei wenig Neuerscheinungen aussprechen kann.

O. MADELUNG (Marburg a. d. Lahn)

Preuss, H.: Integraltafeln zur Quantenchemie. Bd. 4. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960. VI, 145 S. 4°. Gzl. DM 45.—.

In Fortführung des für den Molekülphysiker sehr wertvollen Tabellenwerkes erschien nach den Bänden 1 und 2 [vgl. Naturwissenschaften **43**, 528 (1956), und **45**, 632 (1958)] nunmehr der vierte Band, während das Erscheinen des dritten noch für 1960 angekündigt ist. Der vorliegende Band 4 bringt wiederum Ein- und Zweizentrenintegrale mit einem und mit zwei Elektronen, diesmal aber nicht berechnet mit Slater-Funktionen, sondern mit einfachen Exponentialfunktionen. In einer längeren, sehr lesenswerten Einleitung über die in der Theorie der Molekülbindung auftretenden Integrale und Wellenfunktionen begründet Verfasser im besonderen die Verwendung der reinen Exponentialfunktionen als brauchbare Ausgangsfunktionen für die Berechnung von Bindungsenergien usf. Er weist auch nach, daß in dem Rechnen mit Einelektronenfunktionen keinesfalls eine Bevorzugung der Einteilchennäherung zu sehen ist, da man auch beim Rechnen mit Korrelationsfunktionen letzten Endes auf Ein- und Zweielektronenintegrale mit Einelektronenfunktionen gelangen kann.

F. SAUTER (Köln)

Handbuch der Pflanzenphysiologie. Encyclopedia of Plant Physiology. Hrsg. von W. RUHLAND, Bd. XVII. Physiologie der Bewegungen. Teil 1: Bewegungen durch Einflüsse mechanischer und elektrischer Natur sowie durch Strahlungen. Redigiert von E. BÜNNING. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959. XVI, 716 S. u. 513 Abb. Gr.-8°. Gzl. DM 216.—.

Die letzte zusammenfassende deutschsprachige Darstellung der „Physiologie pflanzlicher Bewegungen" verdanken wir ERWIN BÜNNING, (Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanzen, III. Auflage. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953), der nunmehr auch den vorliegenden 1. Teil von Band XVII des Ruhland-Handbuchs redigiert und dessen Gesicht durch die Beisteuerung einiger grundsätzlich wichtiger Beiträge maßgeblich bestimmt hat. Aus seiner Feder stammt sowohl die kurze historische Einführung in das Gebiet als auch der zentrale Abschnitt über die „Allgemeinen Gesetze und Phänomene der pflanzlichen Bewegungsphysiologie", in dem zum Schluß resignierend festgestellt werden muß, daß alle Versuche, derartige „Gesetze" zu formulieren („Reizmengengesetz", „Webersches Gesetz", „Sinus-Gesetz", „Resultanten-Gesetz") verfrüht gewesen sind und von viel zu einfachen Deutungen ausgehen. So steht gleich am Eingang die Warnung vor voreiliger Selbstgefälligkeit und Sicherheit, wie sie sich nach der Lektüre der entsprechenden Abschnitte mancher Lehrbücher einstellen könnte. Um so überzeugender ist dann allerdings in den Einzeldarstellungen das wirklich fundierte Wissen zusammengetragen, das trotz dieser Einschränkung einen großartigen Ausblick auf das in den letzten Dezennien Erreichte vermittelt. Die Literatur wurde offenbar im allgemeinen bis 1958 erfaßt. Genaue Angaben über die jeweiligen Manuskript-Abschlüsse fehlen allerdings leider auch in diesem Bande.

Aus BÜNNINGS Feder stammen ferner — außer den beiden einleitenden Kapiteln — die speziellen Abschnitte: „Wirkung von Wundreizen", „Die thigmonastischen und thigmotropischen Reaktionen", „Die seismonastischen Reaktionen" und das besonders ausführlich gehaltene Kapitel: „Tagesperiodische Bewegungen", deren Erforschung der Herausgeber bekanntlich einen wesentlichen Teil seiner umfangreichen wissenschaftlichen Tätigkeit gewidmet hat.

Auch für die übrigen Kapitel wurde eine Reihe ausgezeichneter Forscher gewonnen, die zum Teil der älteren, längst bewährten Generation angehören: v. GUTTENBERG, Rostock, „Die physiologische Anatomie seismonastisch reaktionsfähiger Organe" und „Die physiologische Anatomie der Spaltöffnungen" (beide Abschnitte mit bewährt hervorragendem Abbildungsmaterial), L. BRAUNER, München: „Phototropismus und Photonastie der Laubblätter", A. W. GALSTON, Yale University: „Phototropism of stems, roots and coleoptiles" und STÅLFELT, Stockholm: mit einer quasi-Diskussionsbemerkung über „Sonstige Reizreaktionen der Spaltöffnungen", die sich dem ausführlichen Kapitel von O. V. S. HEATH (Department of Horticulture in Reading, G. B.) über „Light and carbon dioxide in stomatal movements" anschließt. Auf der anderen Seite hat der Herausgeber aber auch der jungen, zur Zeit bahnbrechenden Forschergeneration das Wort erteilt, die durch den Tübinger Mitarbeiter BÜNNINGS W. HAUPT („Chloroplastenbewegungen", „Phototaxis der Algen" und „Photodinese") sowie durch C. BAILLAUD, Chef de travail am Institut Botanique de la Faculté des Sciences in Besançon, einen hervorragenden Kenner und Erforscher der Winde- und Rankenbewegungen vertreten ist („Anatomie physiologique des organes thigmotropiques et thigmonastiques"). An weiteren Mitarbeitern sind zu nennen: A. R. SCHRANK, University of Texas: „Electronasty and electrotropism" und R. K. CLAYTON, Oakridge National Laboratory USA: „Phototaxis of purple bacteria".

Besonders ausführlich, von fast monographischem Charakter ist der Beitrag von K. UMRATH, Graz, über den „Erregungsvorgang"; derselbe Verf. behandelt ferner: „Die möglichen Mechanismen der Krümmungsbewegungen", die „Wirkung elektrischer Reize auf Zellen", „Galvanotaxis" und „Reizleitung bei der Seismonastie".

Bei den großen Unterschieden, welche die genannten Mitarbeiter nach Lebensalter, Arbeitskreis und Lehrerfahrung trennen, ist es nicht verwunderlich, daß der ganze Band eher den Eindruck eines Symposionberichtes als den eines wirklich einheitlich redigierten Überblicks über das behandelte Fachgebiet hinterläßt. Das ist auch dem Herausgeber nicht entgangen, und er entschuldigt diesen Mangel in einer vorweggenommenen Selbstkritik: „Der bei den einzelnen Berichten erreichte Umfang gibt durchaus kein richtiges Bild von der relativ größeren oder geringeren Bedeutung des Gebietes im Rahmen der pflanzenphysiologischen Forschung. Auf einzelnen Gebieten, mit denen sich viele Forscher beschäftigt haben und von denen vielleicht eine besonders umfangreiche Darstellung hätte erwartet werden können, haben sich die betreffenden Bearbeiter unter dem Hinweis auf zusammenfassende Darstellungen kurz gefaßt (z. B. Phototropismus höherer Pflanzen). Der Herausgeber hat dem ebenso zugestimmt wie der umfangreicheren Bearbeitung von Gebieten, die bisher weniger Interesse gefunden haben, aber zu deren Literatur der Außenstehende — schwieriger den Zugang findet". — „Der Herausgeber kann und will mit diesen Bemerkungen nicht die Kritik der Leser ausschließen. Es sollte aber doch auf die Schwierigkeiten hingewiesen werden, vor die sich alle Mitarbeiter dieses Bandes gestellt sahen". Dieser letzte Satz bezieht sich vor allem auch auf Überschneidungen, die sich beispielsweise im Hinblick auf die Spaltöffnungsbewegungen (mit Band III: Pflanze und Wasser) nicht immer ganz vermeiden ließen.

Der Leser kann sich allerdings dem Eindruck nicht ganz verschließen, daß vielleicht auch die mehr zufällige Belastung oder Freiheit der jeweiligen Mitarbeiter eine Rolle bei der ungleichen Verteilung der Gewichte gespielt haben könnte. Diese Bemerkung soll jedoch den hohen Wert der Einzelbeiträge keineswegs einschränken. Auch der XVII. Band des „Ruhland-Handbuchs" wird — wie alle voraufgegangenen Bände — zukünftig zum unentbehrlichen Rüstzeug aller derjenigen gehören müssen, die sich forschend oder lehrend mit den in ihm behandelten Fragen der pflanzlichen Bewegungsphysiologie befassen.

D. v. DENFFER (Gießen)

Berichtigung

zu der Kurzen Originalmitteilung „Über Halbstufenpotentiale von Thiocyaninen" von A. STANIENDA, Naturwissenschaften **47**, 512 (1960): in der Tabelle auf Seite 513 ist in der Überschrift zur zweiten Spalte das Minuszeichen unerkennbar. Es muß dort heißen: $-E_{1/2}$ (V) Hg-Kathode.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3. — Springer-Verlag OHG Berlin-Göttingen-Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany

Vor kurzem erschien:

Elektrothermie

Die elektrische Erzeugung und technische Anwendung hoher Temperaturen

Bearbeitet von Dr. G. Breil, Knapsack b. Köln · Professor Dr. W. Dawihl, Illingen/Saar · Dr. W. Hänlein, Nürnberg · Dr.-Ing. F. Kaess, Trostberg/Obb. · Dr.-Ing. P. Koenig, Zürich · Professor Dr. M. Pirani, Berlin · Dr.-Ing. A. Ragoss, Meitingen/Schwaben · Dr. E. Reidt† · Professor Dr.-Ing. Th. Rummel, München · Dr.-Ing. M. Schaidhauf, München

Herausgegeben von Professor Dr. M. Pirani

Zweite, völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 328 Abbildungen. XII, 451 Seiten Gr.-8°. 1960. Ganzleinen DM 64,50

INHALTSÜBERSICHT

Einleitung. Von Professor Dr. M. Pirani, Berlin · Elektrothermie des Eisens. Von Professor Dr.-Ing. Th. Rummel, München · Elektrothermie der Nichteisenmetalle. Von Professor Dr.-Ing. Th. Rummel, München · Elektrometallurgie der Sinterstoffe. Von Dr.-Ing. P. Koenig, Zürich/Schweiz · Die technische Herstellung von Siliziumkarbid. Von Dr.-Ing. M. Schaidhauf, München · Die Elektrothermie des Borkarbids. Von Professor Dr. W. Dawihl, Illingen/Saar · Die Herstellung von Elektrographit. Von Dr.-Ing. A. Ragoss, Meitingen/Schwaben · Die technische Herstellung von Kalkstickstoff. Von Dr.-Ing. F. Kaess, Trostberg/Obb. · Die technische Herstellung des Ferrosiliziums. Von Dr.-Ing. F. Kaess, Trostberg/Obb. · Die technische Herstellung des Kalziumsiliziums. Von Dr.-Ing. F. Kaess, Trostberg/Obb. · Die technische Herstellung des Kalziumkarbids. Von Dr.-Ing. F. Kaess, Trostberg/Obb. · Die technische Herstellung des Phosphors. Von Dr. G. Breil, Knapsack b. Köln · Die technische Herstellung von Elektrokorund. Von Dr. E. Reidt, Waldshut · Elektrothermische Herstellung von Quarzglas. Von Dr. W. Hänlein, Nürnberg · Elektrothermie der Dielektrika. Von Professor Dr.-Ing. Th. Rummel, München · Elektrothermie der Gase. Von Professor Dr.-Ing. Th. Rummel, München · Elektrische Öfen für Temperaturen über 1500° C und elektrische Gasschmelzöfen. Von Dr. W. Hänlein, Nürnberg · Elektromeßtechnik in der Elektrothermie. Von Professor Dr.-Ing. Th. Rummel, München · Beispiele für die Bearbeitung elektrothermischer Aufgaben im Laboratorium. Von Professor Dr. M. Pirani, Berlin · Literatur-, Namen- und Sachverzeichnis.

ZUR INFORMATION

Die Beiträge der acht Verfasser sind aus deren langjähriger persönlicher Erfahrung in den betreffenden Sondergebieten, an deren Entwicklung sie mitgearbeitet haben, entstanden. Ein groß angelegtes Stichwort- und Namensregister, welches auch die Literaturstellen erfaßt, ermöglicht eine schnelle Orientierung und stellt die Verbindung zwischen den Kapiteln her, in denen verwandte Probleme unter verschiedenen Gesichtspunkten behandelt werden.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Handbuch der Pflanzenphysiologie
Encyclopedia of Plant Physiology

Herausgegeben von W. Ruhland, Unterdeufstetten

In Gemeinschaft mit E. Ashby, Belfast · J. Bonner, Pasadena · M. Geiger-Huber, Basel · W. O. James, Oxford · A. Lang, Pasadena · D. Müller, Kopenhagen · M. G. Stålfelt, Stockholm

In 18 Bänden. Jeder Band ist einzeln käuflich

Vor kurzem erschien:

12. Band

Pflanzenatmung
einschließlich Gärungen und Säurestoffwechsel
Plant respiration
inclusive fermentations and acid metabolism

Redigiert von Johannes Wolf

Mit 352 Abbildungen. CCC, 2542 Seiten Gr.-8 . 1960.

(34 Beiträge in englischer, 1 Beitrag in französischer, 28 Beiträge in deutscher Sprache)

In zwei Teile gebunden, die nur zusammen abgegeben werden

Ganzleinen DM 598,—

Bei Verpflichtung zur Abnahme des Gesamtwerkes Subskriptionspreis Ganzleinen DM 478,40, jedoch ist jeder Band zum Ladenpreis einzeln käuflich

INHALTSÜBERSICHT

Erster Teil: Einleitung und Übersicht. Der Chemismus der Sauerstoffatmung und der Gärungen.

Zweiter Teil: Analyse der Atmungsvorgänge. Biologie der Atmung. Der Säurestoffwechsel der Pflanzen. Kreislauf des Kohlenstoffs. Namenverzeichnis—Author Index. Sachverzeichnis (Deutsch—Englisch), Subject Index (English—German).

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG